

repository.ub.ac.id

**PERANCANGAN *DRIVER* PADA SISTEM PENGENDALI MOTOR  
DC MENGGUNAKAN *H-BRIDGE***

**SKRIPSI**  
**TEKNIK ELEKTRONIKA**

Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**OKKY MAHMUDI**  
**NIM. 0910633065 - 63**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**MALANG**  
**2016**





**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERANCANGAN DRIVER PADA SISTEM PENGENDALI MOTOR DC**  
**MENGGUNAKAN H-BRIDGE**

**SKRIPSI**  
**TEKNIK ELEKTRONIKA**

Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**OKKY MAHMUDI**  
**NIM. 0910633065 – 63**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada tanggal 23 Agustus 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng.  
NIK. 20120184 1130 1 001

Ir. Nurussa'adah, M.T.  
NIP. 19680706 199203 2 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan/Ketua Program Studi

M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19741203 200012 1 001



**JUDUL SKRIPSI :**

**PERANCANGAN DRIVER PADA SISTEM PENGENDALI MOTOR DC  
MENGUNAKAN H-BRIDGE**

Nama Mahasiswa : Okky Mahmudi  
 NIM : 0910633065  
 Program Studi : Teknik Elektro  
 Minat : Teknik Elektronika

**KOMISI PEMBIMBING :**

Ketua : Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng. ....

Anggota : Ir. Nurussa'adah, M.T. ....

**TIM DOSEN PENGUJI :**

Dosen Penguji 1 : Akhmad Zainuri, S.T., M.T. ....

Dosen Penguji 2 : Dr. Ir. Ponco Siwindharto, M.Eng.Sc. ....

Dosen Penguji 3 : Dr. Eng. Panca Mudjiraharjo.,S.T., M.T. ....

Tanggal Ujian : Jumat, 19 Agustus 2016

SK Penguji : 1061/UN10.6/SK/2016





## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2, dan pasal 70)

Malang, 21 Agustus 2016

**Mahasiswa,**

Materai Rp. 6000,-

**Okky Mahmudi**

**0910633065**







# UNIVERSITAS BRAWIJAYA



*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:  
Ayahanda dan Ibunda tercinta*



## PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Rabb alam semesta. Dialah Allah, Tuhan Yang Maha Esa, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Sebaik-baiknya Penolong, dan Sebaik-baiknya Pelindung. Shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad Rasulullah Shallallahu Alaihi Wa Salam, Sang pembawa kabar gembira dan sebaik-baiknya suri tauladan bagi yang mengharap Rahmat dan Hidayah-Nya.

Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allah SWT semata sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan *driver* pada sistem pengandali motor DC menggunakan *h-bridge*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Dengan seizin Allah SWT, di kesempatan yang baik ini, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada :

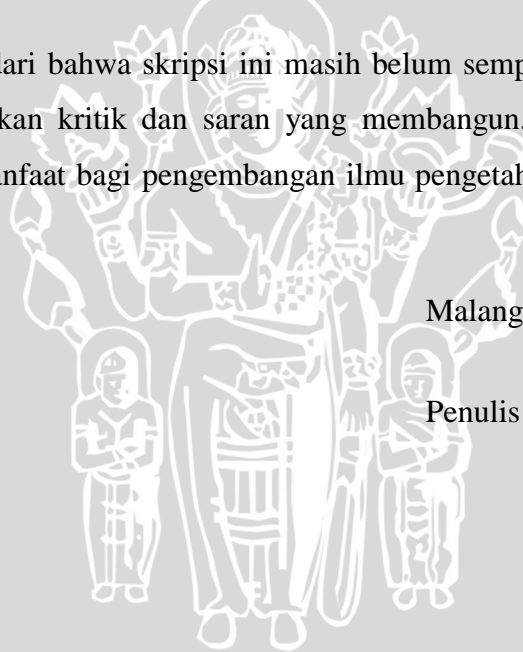
- Kedua orang tua tercinta, Bapak Sutikno dan Ibu Siti Mudawamah yang senantiasa mendoakan, memberikan nasihat, motivasi, perhatian, inspirasi dan kesabaran.
- Bapak M. Aziz Muslim, S.T.,M.T.,Ph.D sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Hadi Suyono, S.T.,M.T.,Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing I yang memberikan banyak waktu, ilmu, masukan, inspirasi dan kesabaran dalam membimbing.
- Ibu Ir. Nurrussa'adah, M.T. selaku KKDK Teknik Elektronika sekaligus Dosen Pembimbing II yang memberi banyak waktu, ilmu, masukan, inspirasi dan kesabaran dalam membimbing.

- Bapak Ibu Dosen, karyawan, staf recording dan RBTE atas segala bantuan dan kemudahan.
- Saudara-saudara khususnya Ade, Akbar, Andy, Asfari, Bambang, Dimas, Deaz, Ebay, Fatah, Imam, Nandana, Praja, Rafi, Kipot, Ridho, Rio, Surya, dan Wahyu atas rasa kebersamaan, kepedulian, waktu dan tenaga yang diberikan selama penulis menyelesaikan skripsi.
- Saudara-saudara mahasiswa asal Lampung Mizan, Dedi, Asa, Ari yang memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi.
- Teristimewa untuk AMPERE 2009.
- Teman Teman dari angkatan 2008, 2010, 2011 dan 2012 Elektro UB yang tidak mungkin dicantumkan satu-persatu, atas segala dukungan, bantuan dan doanya.
- Teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, yang telah membantu semangat serta doa sehingga penelitian ini bisa diselesaikan.

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi masyarakat.

Malang, 21 Agustus 2016

Penulis

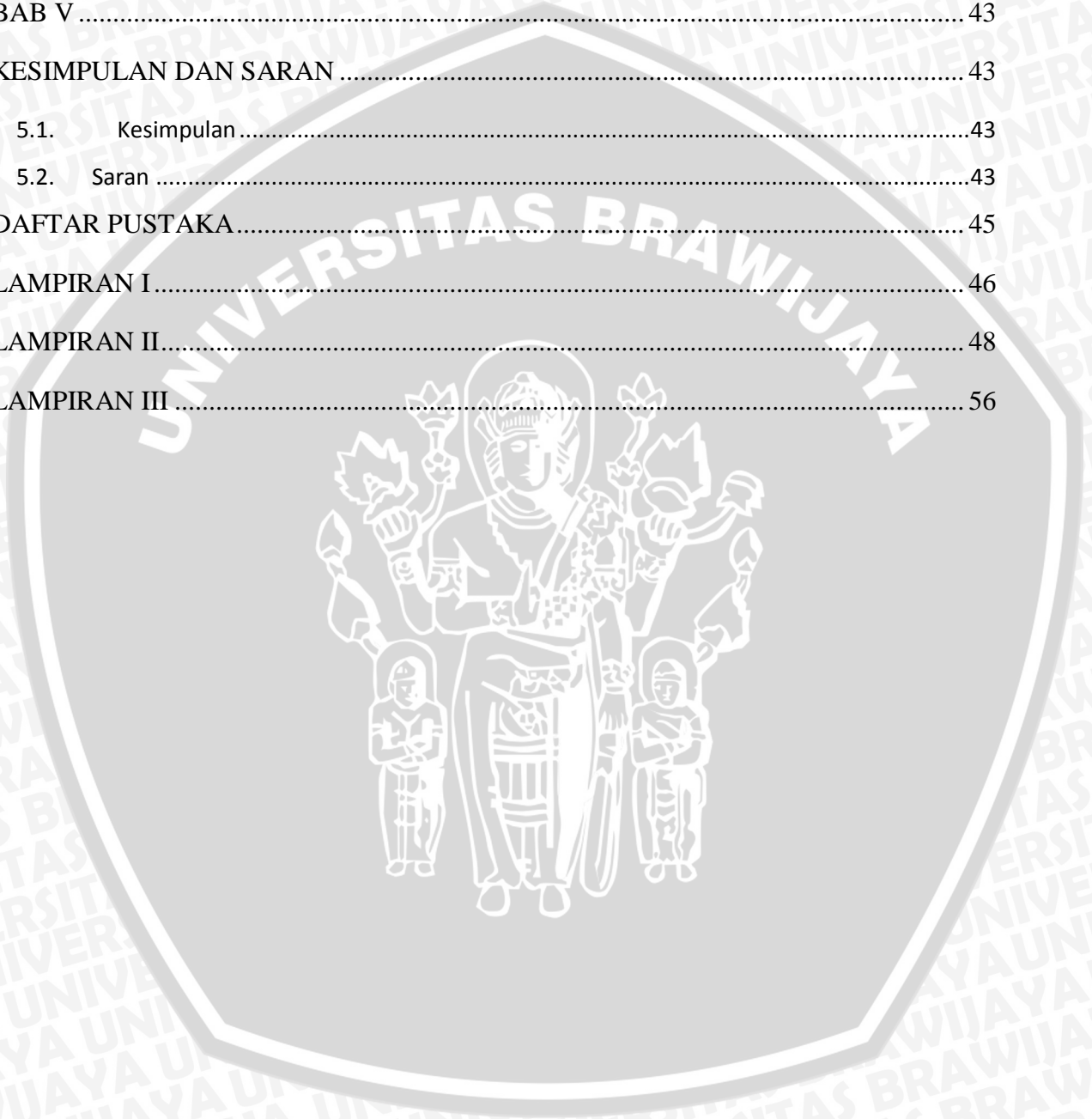


## DAFTAR ISI

PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	vii
<i>SUMMARY</i> .....	ix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II .....	5
DASAR TEORI.....	5
2.1. Potensiometer .....	5
2.2. Liquid Crystal Display (LCD) .....	7
2.3. Mikrokontroler Atmega16.....	8
2.3.1. Advanced RISC Architecture .....	8
2.3.2. Non-volatile Program and Data Memories .....	9
2.3.3. Peripheral Features .....	9
2.3.4. Special Microcontroller Features.....	9
2.3.5. I/O and Packages .....	9
2.3.6. Operating Voltages .....	9
2.4. MOSFET .....	11
2.5. Optocoupler .....	13
2.6. IC Regulator .....	14
2.7. Pulse Width Modulation (PWM).....	15

2.8. Motor DC .....	16
<b>BAB III.....</b>	<b>18</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1. Perancangan dan Pembuatan Alat .....	18
3.2. Perancangan Elektrik .....	18
3.3. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ).....	18
3.4. Pengujian dan Analisis .....	18
3.4.1. Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	19
3.4.2. Pengujian Rangkaian Mikrokontroller .....	19
3.4.3. Pengujian ADC Sensor.....	19
3.4.4. Pengujian LCD .....	19
3.4.5. Pengujian Performansi <i>Driver</i> .....	19
3.4.6. Pengujian Performansi Motor DC.....	19
3.4.7. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan .....	20
3.5. Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	20
<b>BAB IV .....</b>	<b>21</b>
<b>PERANCANGAN DAN ANALISIS .....</b>	<b>21</b>
4.1. Perancangan Perangkat Keras .....	21
4.1.1. Perancangan Rangkaian Catu Daya.....	22
4.1.2. Perancangan Rangkaian LCD.....	22
4.1.3. Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16 .....	23
4.1.4. Perancangan ADC .....	24
4.1.5. Perancangan Rangkaian <i>Driver</i> Motor .....	26
4.2. Perancangan Perangkat Lunak .....	31
4.3. Pengujian dan Analisis .....	33
4.3.1. Pengujian Kecepatan Motor DC.....	33
4.3.2. Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	35
4.3.3. Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16 .....	36
4.3.4. Pengujian Rangkaian LCD.....	37

4.3.5.	Pengujian ADC .....	37
4.3.6.	Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> .....	39
4.3.7.	Pengujian Sistem Secara Keseluruhan .....	40
BAB V .....		43
KESIMPULAN DAN SARAN .....		43
5.1.	Kesimpulan .....	43
5.2.	Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....		45
LAMPIRAN I .....		46
LAMPIRAN II .....		48
LAMPIRAN III .....		56



## DAFTAR GAMBAR

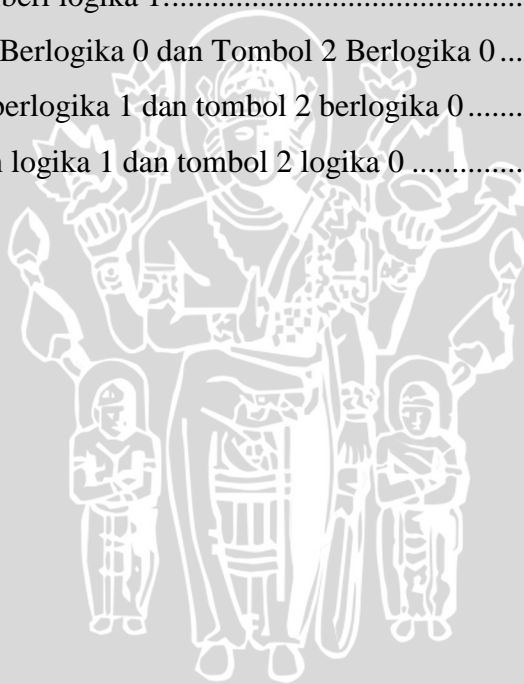
<b>Gambar 2.1</b> Potensiometer.....	6
<b>Gambar 2.3.</b> <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> .....	7
<b>Gambar 2.4.</b> Pin-Pin pada ATmega16 dengan Kemasan 40-Pin DIP (Dual In-Line Package) .....	10
<b>Gambar 2.5</b> MOSFET dan FET <i>P-Channel</i> dan <i>N-Channel</i> .....	12
<b>Gambar 2.7</b> Simbol Optocoupler.....	14
<b>Gambar 2.8</b> IC Regulator 7805.....	14
<b>Gambar 2.9</b> Mode Fast PWM.....	15
<b>Gambar 2.10</b> Motor DC.....	16
<b>Gambar 4.1</b> Blok Diagram Alat.....	21
<b>Gambar 4.2</b> Perancangan Rangkaian Catu Daya.....	22
<b>Gambar 4.3</b> Rangkaian LCD .....	23
<b>Gambar 4.4</b> Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16.....	24
<b>Gambar 4.5.</b> <i>H-Bridge</i> Motor Berputar ke Kanan .....	26
<b>Gambar 4.6.</b> <i>H-Bridge</i> Motor Berputar ke Kiri .....	27
<b>Gambar 4.7</b> H-bridge .....	27
<b>Gambar 4.8</b> Rangkaian <i>Driver</i> .....	28
<b>Gambar 4.11</b> Diagram Alir Program Perangkat Lunak .....	32
<b>Gambar 4.12</b> Diagram blok pengujian kecepatan motor.....	33
<b>Gambar 4.13</b> Grafik hubungan antara tegangan dengan kecepatan.....	34
<b>Gambar 4.14</b> Diagram Alir Pengujian Rangkaian Catu Daya .....	35
<b>Gambar 4.15</b> Diagram Alir Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16 .....	36
<b>Gambar 4.16</b> Pengujian Rangkaian LCD .....	37
<b>Gambar 4.17</b> Diagram Alir Pengujian ADC.....	38
<b>Gambar 4.18</b> Diagram Alir Pengujian Rangkaian Driver .....	40





**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 2.1.</b> Konfigurasi pin <i>outputliquid crystal display</i> (LCD).....	8
<b>Tabel 4.1</b> Penggunaan Pin LCD Pada Alat.....	23
<b>Tabel 4.2</b> Perancangan Nilai ADC.....	26
<b>Tabel 4.3</b> Data tegangan dengan kecepatan dan arus motor.....	34
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	35
<b>Tabel 4.5.</b> Hasil Pengujian ADC.....	39
<b>Tabel 4.6.</b> Hasil Pengujian Rangkaian Driver Motor .....	40
<b>Tabel 4.7.</b> Tombol 1 dan 2 diberi logika 1.....	41
<b>Tabel 4.8.</b> Kondisi Tombol 1 Berlogika 0 dan Tombol 2 Berlogika 0.....	41
<b>Tabel 4.9.</b> kondisi tombol 1 berlogika 1 dan tombol 2 berlogika 0.....	41
<b>Tabel 4.10.</b> tombol 1 dengan logika 1 dan tombol 2 logika 0 .....	42



## RINGKASAN

**Okky Mahmudi**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2016, Perancangan *Driver* Pengendali Motor DC Menggunakan *H-Bridge*, Dosen Pembimbing Eka Maulana ST., MT., M.Eng. dan Ir.Nurussa'adah MT.

Energi listrik dapat menjadi energi alternatif sebagai pengganti energi kimia (bahan bakar minyak) sebagai energi penggerak kendaraan bermotor. Untuk merealisasikan pergantian energi fosil menjadi listrik dibutuhkan sistem penggerak yang berbeda dari kendaraan berbahan bakar fosil. Sistem penggerak yang dibutuhkan adalah yang mempunyai sistem elektrik. Perancangan ini diharapkan dapat diterapkan pada pengendali motor DC pada sebuah kendaraan bermotor. Dengan merancang *driver* motor DC yang dapat menggerakkan putaran motor DC untuk putar kiri, kanan dan bervariasi kecepatannya.

Perancangan ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasi alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Perancangan pertama adalah merealisasikan sistem elektrik lalu merealisasikan perangkat lunak dan dimasukkan ke dalam mikrokontroler.

Dari hasil pengujian motor DC dapat berputar kanan, kiri dan kecepatannya dapat dipercepat dan diperlambat sesuai dengan PWM yang diatur dalam program yang dimasukkan ke dalam mikrokontroler. Pengujian keseluruhan yang dilakukan adalah dengan mengubah ubah nilai PWM pada program yang dimasukkan ke mikrokontroler. Perubahan nilai PWM akan memengaruhi kecepatan putaran motor DC. Pada pengujian ke-3 dan ke-4 motor DC dapat berputar dengan kecepatan bervariasi sesuai dengan PWM yang diatur dalam program mikrokontroler. Pada Percobaan ke-3 kecepatan tertinggi adalah 1081 rpm. Pada percobaan ke-4 kecepatan tertinggi adalah 1097 rpm.

**Kata Kunci:**Perancangan, Driver, Motor DC.

## SUMMARY

**Okky Mahmudi** Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering Brawijaya University, August 2016, **DC Motor Controller Driver Design Using H-Bridge**, Supervisor Eka Maulana ST., MT., M.Eng. and Ir.Nurussa'adah MT.

Electrical Energy can be an alternative energy as a replacement for chemical energy fuel (oil) as energy driving the motor vehicle. To realize the succession of fossil energy into electricity needed train system that is different from the fossil fuel vehicle. The drive system is needed is that have electric system. The design is expected to be applied on the motor controllers DC on a motor vehicle. With the design of the DC motor drivers can controlling the rotation of the DC motor to turn left, turn right and vary the speed in accordance with the input is entered to get the speed of the turn is expected.

The design is based on the problem that is applicative, namely planning and realize appliance in order to work according to the planned to refer to the formulation of the problem. The first design is realizing the electric system and realize the software and plugged into microcontroller.

The first test is done per block. From the results of the test of the DC motor can spin on the right and left of the speed can be quickened and hitting each other in accordance with the PWM regulated in the program that is entered into the microcontroller. The overall test done is to change the change the value of the PWM on the program that is entered into microcontroller. Change the value of the PWM will affect the speed of the DC motor round. In the thirt and fourth test of DC motor can spin with static speed varies according to the PWM regulated in microcontroller program. In the experiment the 3 highest speed is 1081 rpm. Meanwhile on the trial of the 4 highest speed is 1097 rpm.

**Keyword: Design, Controlling, DC Motor.**



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, maka konsumsi bahan bakar minyak akan semakin meningkat. Bahan bakar minyak termasuk jenis energi yang tidak dapat diperbarui. Apabila tingkat konsumsi masyarakat pada energi berjenis bahan bakar minyak ini semakin tinggi maka akan terjadi kelangkaan energi bahan bakar minyak itu sendiri yang mengakibatkan kenaikan harga dari bahan bakar minyak karena kebutuhan semakin meningkat tidak berbanding lurus dengan jumlah produksinya. Untuk mengatasi masalah di atas dibutuhkan cara alternatif baik dalam hal kendaraan ataupun bahan bakar atau energi yang dibutuhkan kendaraan bermotor.

Energi listrik dapat menjadi energi alternatif sebagai pengganti energi kimia (bahan bakar minyak) sebagai energi penggerak kendaraan bermotor. Untuk merealisasikan pergantian energi fosil menjadi listrik dibutuhkan sistem penggerak yang berbeda dari kendaraan berbahan bakar fosil. Sistem penggerak yang dibutuhkan adalah yang mempunyai sistem elektrik.

Perancangan ini diharapkan dapat diterapkan pada pengendali motor DC pada sebuah kendaraan bermotor. Dengan merancang *driver* motor DC yang dapat menggerakkan putaran motor DC untuk putar kiri, kanan dan bervariasi kecepatannya sesuai dengan input yang dimasukkan untuk mendapatkan kecepatan putar yang diharapkan.

Untuk merancang dan membangun mobil listrik dibutuhkan komponen yang tidak sedikit dengan kompleksitas yang tinggi. Maka dalam skripsi ini tidak membangun mobil listrik secara keseluruhan. Sistem yang akan dirancang dalam skripsi ini adalah sistem pengendali pada sebuah *motor* DC. Sistem pengendali mobil motor DC pada perancangan ini menggunakan *h-bridge* dan lebih fokus pada bagaimana mengendalikan Motor DC agar dapat menggerakkan roda sesuai yang diinginkan, yaitu berputar ke kanan, berputar ke kiri, berhenti (rem), dipercepat putarannya dan diperlambat putarannya.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana mendesain sebuah *driver* motor DC?
- 2) Bagaimana keadaan putaran dan tegangan motor DC pada saat digerakan dengan *driver* yang dirancang?

## 1.3. Batasan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan alat akan diberi batasan sebagai berikut:

- 1) Perancangan hanya merancang *driver* yang dapat menggerakkan motor DC tanpa beban
- 2) Hanya merancang *driver* agar motor DC dapat berputar kanan, kiri, rem dan bervariasi kecepatannya

## 1.4. Tujuan

Perancangan ini bertujuan untuk merancang *driver* pada sistem pengendali Motor DC menggunakan *h-bridge* dapat berputar kanan, kiri, rem dan bervariasi kecepatannya sesuai dengan input yang diberikan.

## 1.5. Sistematika Penulisan

**BAB I** : Berisi pendahuluan, latar belakang penelitian, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

**BAB II** : Berisi dasar teori. Dasar teori membahas tentang teori-teori yang mendukung dan dapat digunakan untuk membantu menyelesaikan penelitian. Teori-teori yang mendukung adalah teori tentang Potensiometer, LCD, Mikrokontroler ATMEGA16, MOSFET, Optocoupler, Motor DC, dan IC Regulator.

**BAB III** : Berisi metode penelitian. Metode penelitian membahas tentang literatur yang digunakan, penentuan spesifikasi alat, mekanisme perancangan alat, mekanisme pengujian dan analisis, mekanisme pengambilan

kesimpulan dan saran.

**BAB IV** : Berisi perancangan, pembuatan alat, pengujian dan analisis. Perancangan dan pembuatan alat membahas tentang proses perancangan dan pembuatan alat yang meliputi spesifikasi, perancangan blok diagram, dan realisasi alat. Perancangan yang dilakukan adalah perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan *hardware* dibagi menjadi dua yaitu elektrik dan mekanik. Perancangan *software* yaitu pembuatan *flowchart* program. Pengujian dan analisis alat. Pengujian dan analisis alat membahas tentang cara pengujian dan hasil pengujian alat yang telah direalisasikan. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian yang dilakukan adalah pengujian input (potensiometer), pengujian mikrokontroler, pengujian *driver* dan pengujian motor.

**BAB V** : Berisi kesimpulan dan saran. Kesimpulan dan saran berisi tentang kesimpulan berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari tujuan, perancangan dan pengujian. Selain itu terdapat juga saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan lebih lanjut.





## BAB II

### DASAR TEORI

Dalam perancangan ini, untuk merencanakan dan merealisasikan sebuah sistem kendali pada motor DC dibutuhkan pemahaman tentang berbagai hal yang mendukung sistem ini. Pemahaman ini akan bermanfaat untuk merancang perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Pengetahuan yang mendukung perencanaan dan realisasi rancangan.

#### 2.1. Potensiometer

Potensiometer adalah jenis resistor yang nilai resistansinya dapat diubah ubah (*adjustable*). Cara mengubah nilai resistansi pada potensiometer adalah tergantung pada jenis potensio meter yang digunakan. Terdapat 3 terminal pada potensiometer, 2 terminal terhubung ke elemen resistif dan terminal ke 3 terhubung ke ke kontak geser. Pada rancangan ini akan digunakan potensiometer jenis putar, karena sesuai dengan kebutuhan dalam hal *steering*.

Potensiometer digunakan untuk mengendalikan piranti elektronikseperti pengendali suara pada penguat. Potensiometer dapat digunakan sebagai transduser, misalnya sebagai sensor *joystick*. Potensiometer jarang digunakan untuk mengendalikan daya tinggi (lebih dari 1 Watt) secara langsung.

Potensiometer digunakan untuk menyetel taraf isyarat analog (misalnya pengendali suara pada peranti audio), dan sebagai pengendali masukan untuk sirkuit elektronik. Sebagai contoh, sebuah peredup lampu menggunakan potensiometer untuk menendalikan pensakelaran sebuah TRIAC, jadi secara tidak langsung mengendalikan kecerahan lampu. Berikut adalah gambar potensiometer



**Gambar 2.1** Potensiometer

(Sumber: Design and Operation of Synchronized Robotic Arm, 2013)

Potensiometer yang digunakan sebagai pengendali volume kadang-kadang dilengkapi dengan sakelar yang terintegrasi, sehingga potensiometer membuka sakelar saat penyapu berada pada posisi terendah.

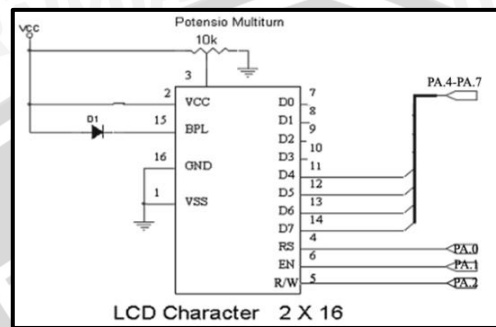
Potensiometer dilengkapi dengan satu atau lebih tombol menjulang pada batang yang sama. Sebagai contoh, ketika berkaitan dengan suatu pengatur volume, tombol dapat juga berfungsi sebagai suatu *on/off* tombol di volume yang paling rendah.

Adapun fungsi pontensiometer sebagai kontrol nada atau equalizer dalam penggunaan kombinasi dan jaringan filter, sebelumnya untuk televisi dipergunakan untuk mengontrol kecerahan gambar, kontras, dan respon warna.

Potensiometer juga banyak digunakan sebagai bagian dari transduser perpindahan karena kesederhanaan konstruksi dan karena mereka dapat memberikan sinyal keluaran yang besar. Untuk komputasi dalam komputer analog, potensiometer presisi tinggi digunakan untuk skala hasil antara oleh faktor konstan yang diinginkan, atau untuk mengatur kondisi awal untuk perhitungan. Sebuah potensiometer bermotor dapat digunakan sebagai generator fungsi, menggunakan kartu perlawanan non-linear untuk memasok aproksimasi untuk fungsi trigonometri. Sebagai contoh, putaran poros mungkin mewakili sudut, dan rasio pembagian tegangan dapat dibuat sebanding dengan cosinus sudut.

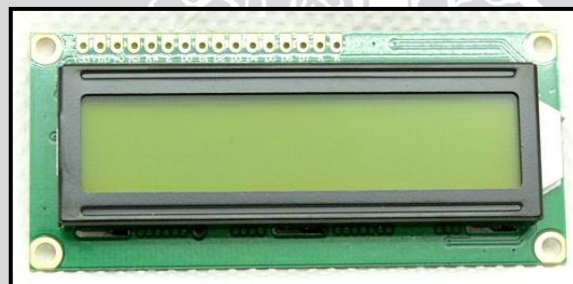
## 2.2. Liquid Crystal Display (LCD)

*Liquid Crystal Display* (LCD) merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan karakter baik berupa karakter angka, huruf, atau karakter lainnya, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. Gambar 2.7 menunjukkan rangkaian *interface* ke LCD Karakter 2x16 (Taufiq, 2013: 15).



**Gambar 2.2.** Rangkaian *Interface* ke LCD Karakter 2x16  
(Sumber: Taufiq, 2013: 16)

LCD yang digunakan dalam pembuatan sistem ini yaitu modul LCD dengan tampilan 2x16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah. Urutan pin (1), umumnya, dimulai dari sebelah kiri (terletak di pojok kiri atas) dan untuk LCD yang memiliki 16 pin, 2 pin terakhir (15 & 16) adalah anoda dan katoda untuk *back-lighting*. *Liquid crystal display* (LCD) ditunjukkan dalam Gambar 2.8 dan konfigurasi pin *output liquid crystal display* (LCD) ditunjukkan dalam Tabel 2.1. (Taufiq, 2012: 16)



**Gambar 2.3.** *Liquid Crystal Display* (LCD)  
(Sumber: makerstkart.com, 2016)

**Tabel 2.1.** Konfigurasi pin *outputliquid crystal display* (LCD)

NO.	NAMA PIN	DESKRIPSI
1	VCC	+5V
2	GND	0V
3	VEE	Tegangan kontras LCD
4	RS	Register select, 0=Register perintah, 1=Register data
5	R/W	1=Read, 0=Write
6	E	Enable clock
7	D0	Data I/O pins
8	D1	Data I/O pins
9	D2	Data I/O pins
10	D3	Data I/O pins
11	D4	Data I/O pins
12	D5	Data I/O pins
13	D6	Data I/O pins
14	D7	Data I/O pins
15	Anode	Tegangan positif backlight
16	Katode	Tegangan negatif backlight

(Sumber: www.braude.ac.il)

### 2.3. Mikrokontroler Atmega16

ATMega16 merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. ATMega16 mempunyai 32 register *general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt* internal dan eksternal, *serial UART*, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*. ATMega16 mempunyai ADC dan PWM internal. ATMega16 juga mempunyai *In-System Programmable Flashon-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATMega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem dapat mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses. Beberapa keistimewaan dari AVR ATMega16 antara lain:

#### 2.3.1. Advanced RISC Architecture

- *Most Single-clock Cycle Execution - 131 Powerful Instructions*
- *General Purpose Working Registers (32 x 8)*
- *Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz*
- *On-chip 2-cycle Multiplier*

### 2.3.2. Non-volatile Program and Data Memories

- *In-System Self-programmable Flash Endurance (16K Bytes): 1,000 Write/Erase Cycles*
- *Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits In-System Programming by On-chip Boot Program True Read-While-Write Operation*
- *EEPROM Endurance (512 Bytes): 100,000 Write/Erase Cycles*
- *Internal SRAM : 1K Bytes*
- *Up to 64K Bytes Optional External Memory Space*
- *Programming Lock for Software Security*

### 2.3.3. Peripheral Features

- *Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes*
- *Two 16-bit Timer/Counters with Separate Prescalers, Compare Modes, and Capture Modes*
- *Real Time Counter with Separate Oscillator*
- *Six PWM Channels*
- *Dual Programmable Serial USARTs*
- *Master/Slave SPI Serial Interface*
- *Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator*
- *On-chip Analog Comparator*

### 2.3.4. Special Microcontroller Features

- *Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection*
- *Internal Calibrated RC Oscillator*
- *External and Internal Interrupt Sources*
- *Five Sleep Modes: Idle, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby*

### 2.3.5. I/O and Packages

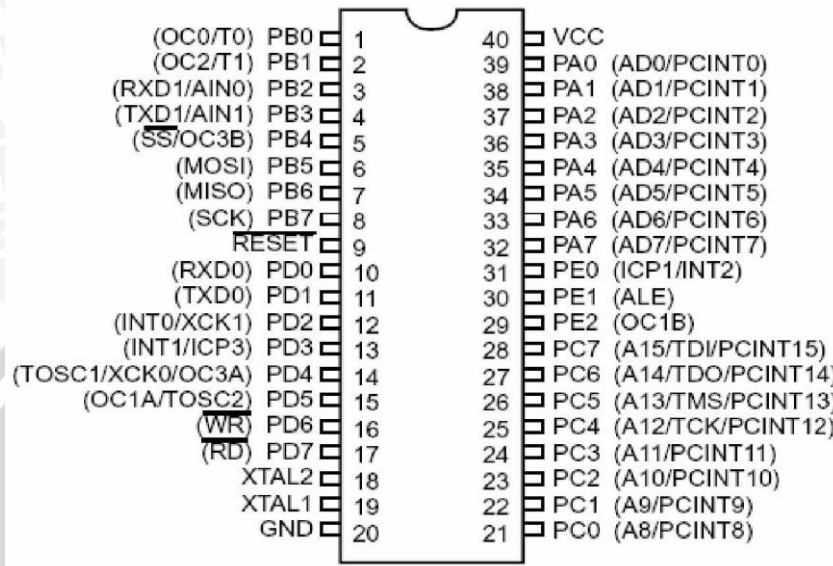
- *Programmable I/O Lines (35)*
- *PDIP (40-pin), 44-lead TQFP, and 44-pad MFL*

### 2.3.6. Operating Voltages

- *ATMega16V : 1.8 - 3.6V*
- *ATMega16L : 2.7 - 5.5V*

➤ ATmega16 : 4.5 - 5.5V

Untuk memaksimalkan performa dan paralelisme, ATmega16 menggunakan arsitektur Harvard (memori dan bus terpisah untuk program dan data). Penyemat ATmega16 kemasan 40-pin DIP (*Dual In-Line Package*) ditunjukkan dalam Gambar 2.4 di bawah ini



**Gambar 2.4.** Pin-Pin pada ATmega16 dengan Kemasan 40-Pin DIP (*Dual In-Line Package*)  
Sumber: Atmel, 2010

Fungsi dari pin-pin yang terdapat pada Mikrokontroler ATmega16 dijelaskan sebagai berikut :

- a) VCC, suplai tegangan digital
- b) GND, pin *ground*
- c) PORT A (PA0 – PA7). PORT A merupakan port I/O 8-bit *bidirectional* yang dilengkapi dengan resistor *pull-up* internal (dapat dipilih untuk tiap *bit*). Selain sebagai port I/O, PORT A juga mempunyai fungsi lain seperti antarmuka memori eksternal dan pin *change interrupt*.
- d) PORT B (PB0 – PB7). PORT B merupakan port I/O 8-bit *bidirectional* dengan resistor *pull-up* internal (dapat dipilih untuk tiap *bit*). Selain itu, PORT B juga mempunyai fungsi lain yaitu *Serial Peripheral Interface (SPI)*, *Analog Comparator*, *input/output Timer/Counter*.
- e) PORT C (PC0 – PC7). PORT C merupakan port I/O 8-bit *bidirectional* dengan resistor *pull-up* internal (dapat dipilih untuk tiap *bit*). Selain itu PORT C juga mempunyai fungsi lain yaitu JTAG, antarmuka memori eksternal, dan pin *change interrupt*.

- f) PORT D (PD0 – PD7). PORT D merupakan port I/O 8-bit *bidirectional* dengan resistor *pull-up* internal (dapat dipilih untuk tiap *bit*). Selain itu PORT D juga mempunyai fungsi lain yaitu USART, *interupsi eksternal*, *strobe memori eksternal*, *timer/counter*.
- g) PORT E (PE0 – PE2) PORT E merupakan port I/O 3-bit *bidirectional* dengan resistor *pull-up* internal (dapat dipilih untuk tiap *bit*). Selain itu PORT E juga mempunyai fungsi lain yaitu *timer/counter*, *latch enable memori eksternal*, *interupsi eksternal*.
- h) RESET, berfungsi untuk mereset mikrokontroler jika diberikan sinyal *active low* dalam selang waktu tertentu.
- i) XTAL1, input ke inverting *oscillator* amplifier dan ke rangkaian detak internal.
- j) XTAL2, output dari inverting *oscillator amplifier*.

*Universal synchronous* dan *asynchronous* pemancar dan penerima *serial* adalah suatu alat komunikasi serial sangat fleksibel. Mikrokontroler ATmega16 memiliki dua buah port USART untuk komunikasi *serial*, yaitu USART0 dan USART1. Fasilitas komunikasi serial USART mikrokontroler ini memiliki fitur sebagai berikut:

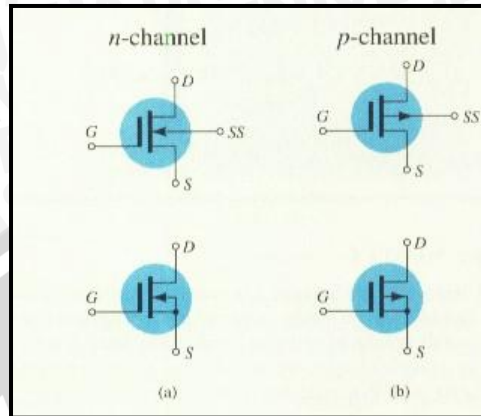
- 1) *Operasi full duplex* (register penerima dan pengirim *serial* dapat berdiri sendiri)
- 2) *Operasi Asynchronous* atau *synchronous*
- 3) *Master* atau *slave* mendapat *clock* dengan operasi *synchronous*
- 4) Pembangkit *baud rate* dengan resolusi tinggi
- 5) Dukung *frames serial* dengan 5, 6, 7, 8 atau 9 *data bit* dan 1 atau 2 *stop bit*
- 6) Tahap *odd* atau *even parity* dan *parity check* didukung oleh *hardware*
- 7) Pendeteksian data *overrun*
- 8) Pendeteksi *framing error*
- 9) Pemfilteran gangguan (*noise*) meliputi pendeteksian *bit false start* dan pendeteksian *low pass filter* digital
- 10) Tiga *interrupt* terdiri atas *TX complete*, *TX data register empty*, dan *RX complete*
- 11) Mode komunikasi *multi-processor*

Mode komunikasi *double speed asynchronous*

## 2.4. MOSFET

MOSFET merupakan salah satu komponen elektronika berbahan semikonduktor. Transistor dapat digunakan sebagai penyetabil tegangan, penguat, saklar, dan modulasi sinyal. Transistor dibagi menjadi dua jenis, yaitu bipolar dan FET (*Field Effect Transistor*).

Salah satu jenis FET yaitu MOSFET memiliki masukan impedansi yang sangat besar dan konsumsi daya yang rendah. Perbedaan dasar dari transistor jenis bipolar dan FET adalah transistor bipolar digunakan sebagai pengontrol arus, sementara FET digunakan sebagai pengontrol tegangan. (Boylestad dan Nashlesky, 2007:217)



**Gambar 2.5** MOSFET dan FET *P-Channel* dan *N-Channel*  
Sumber: Boylestad dan Nashlesky, 2007:232

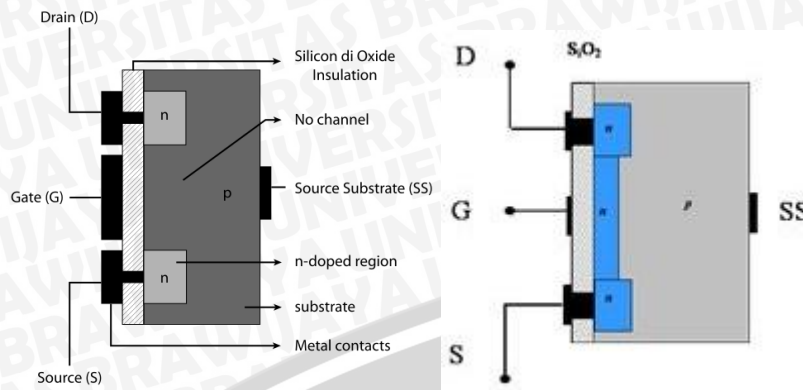
Konfigurasi MOSFET dan JFET memiliki dua jenis tipe, yaitu *p-Channel* dan *n-Channel*. Konfigurasi FET ditunjukkan dalam gambar 2.5. MOSFET dan JFET memiliki tiga terminal kaki yaitu *Gate*, *Drain*, dan *Source*. Dalam pengaplikasiannya, transistor tipe FET sangat cocok digunakan sebagai *driver* dengan masukan tegangan yang tinggi.

MOSFET (*Metal oxide FET*) memiliki drain, source dan gate. Gate pada MOSFET terisolasi oleh suatu bahan oksida (*oxide*), dan gate terbuat dari bahan metal seperti aluminium. Oleh karena itulah transistor ini dinamakan *metal-oxide*. Karena gate yang terisolasi, sering jenis transistor ini disebut juga IGFET yaitu *insulated-gate FET*.

Ada dua jenis MOSFET, yang pertama jenis *depletion-enhancement* dan yang kedua jenis *enhancement*. Jenis MOSFET yang kedua adalah komponen utama dari gerbang logika dalam bentuk IC (*integrated circuit*), uC (*micro controller*) dan uP (*micro processor*) yang tidak lain adalah komponen utama dari komputer modern saat ini.

MOSFET tersusun dari material tipe n, sebagian daerah p, dan gate yang teisolasi. Daerah p dinamakan substrat seperti pada gambar 2.6 di bawah ini





**Gambar 2.6** MOSFET tipe *Enhancement* (kiri) dan MOSFET tipe *Depletion-Enhancement* (kanan)

(Sumber: Boylestad dan Nashlesky, 2007)

Enhancement-Type MOSFET:

$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$$

$$k = \frac{I_{D(on)}}{(V_{GS(on)} - V_T)^2}$$

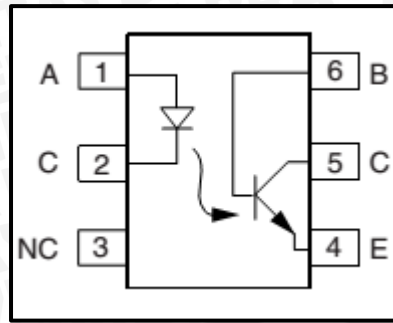
Sumber tegangan akan mengalirkan electron bebas dari source ke drain. Aliran electron ini mengalir melalui sebelah kiri/substrat P. Tegangan gate akan mengontrol lebar kanal dimana electron mengalir.

Garis putus-putus pada simbol transistor MOSFET menunjukkan struktur transistor yang terdiri drain, source dan subtrat serta gate yang terisolasi. Arah panah pada subtrat menunjukkan type lapisan yang terbentuk pada subtrat ketika transistor ON sekaligus menunjukkan type kanal transistor tersebut.

## 2.5. Optocoupler

Optocoupler merupakan salah satu komponen elektronika yang dapat digunakan sebagai saklar penghubung berdasarkan cahaya optik. Optocoupler memiliki dua bagian utama, yaitu penerima (*Receiver*) dan pengirim (*Transmitter*). Gambar 2.7 menunjukkan simbol dari komponen optocoupler.





**Gambar 2.7** Simbol Optocoupler  
Sumber: Vishay Semiconductor, 2010

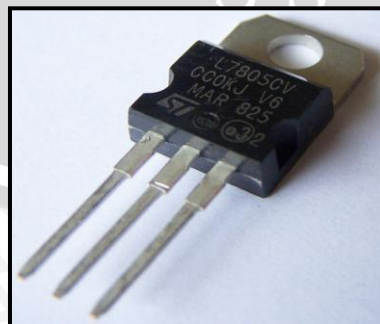
Prinsip dasar dari optocoupler adalah gabungan dari dioda LED dengan Phototransistor. LED memancarkan cahaya yang dipicu oleh pin masukan, selanjutnya LED memancarkan cahaya yang digunakan sebagai pemicu untuk mengaktifkan komponen Phototransistor. Selanjutnya Phototransistor mengendalikan perangkat yang terdapat pada pin keluaran.

## 2.6. IC Regulator

IC Regulator merupakan salah satu jenis komponen elektronika yang digunakan sebagai pengatur tegangan tetap. IC jenis ini sering digunakan dalam sebuah alat yang difungsikan sebagai catu daya dalam sebuah alat tersebut. Beberapa tipe pada IC regulator yaitu:

- Tipe positif, digunakan untuk meregulasi tegangan positif
- Tipe negatif, digunakan untuk meregulasi tegangan negatif

Beberapa contoh IC regulator yang bertipe positif biasanya diikuti dengan kode 78xx, sedangkan yang bertipe negative biasanya memiliki kode 79xx. Berikut ini merupakan contoh dari salah satu IC regulator 7805 yang ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



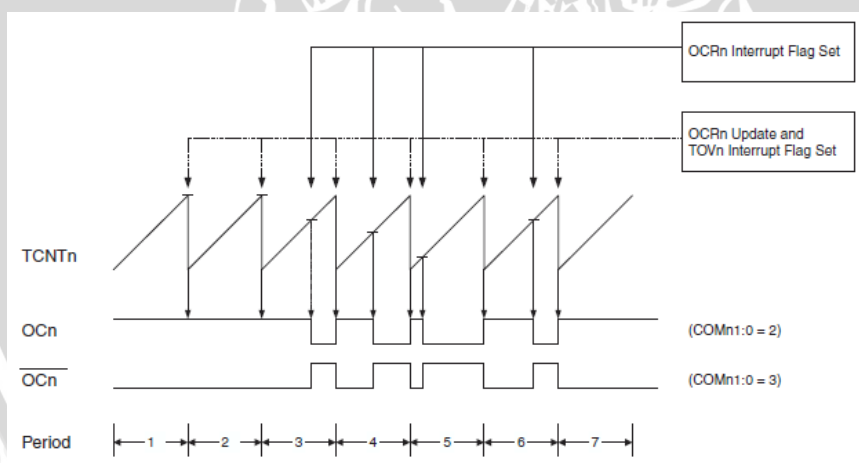
**Gambar 2.8** IC Regulator 7805  
Sumber: Engineergalery.com, 2016

## 2.7. Pulse Width Modulation (PWM)

PWM merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengendalikan sebuah sinyal dimana sinyal tersebut digunakan untuk mengendalikan perangkat lain. PWM sering digunakan untuk mengendalikan kecepatan putar sebuah motor. PWM didapatkan dari gelombang kotak dengan *duty cycle* bervariasi antara 0-100%. *Duty cycle* adalah lamanya pulsa high dalam satu periode. Resolusi PWM 8 bit, maka PWM memiliki variasi perubahan nilai  $2^8 = 256$  variasi. Perhitungan dimulai dari 0 dan angka akhir adalah 255 yang mewakili perubahan *duty cycle* 0-100% keluaran PWM tersebut.

Pada saat *duty cycle* 100%, berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu daya 12V, maka motor akan mendapat tegangan sebanyak 100% yaitu 12V. Pada *duty cycle* 50%, tegangan motor adalah 50% dari 12V yaitu 6V.

Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan menggunakan peripheral *Timer/Counter* yang terdapat pada Mikrokontroler. Pada Mikrokontroler ATMEGA16 terdapat dua buah *Timer/Counter* 8-bit dan satu buah *Timer/Counter* 16-bit. Salah satu mode yang bisa digunakan untuk membangkitkan sinyal PWM adalah mode Fast PWM, seperti yang terdapat dalam Gambar 2.9.



**Gambar 2.9** Mode Fast PWM

Sumber: Atmel (2010:108)

Mode Fast Pulse Width Modulation atau Fast PWM menyediakan pilihan pembangkitan gelombang PWM frekuensi tinggi. Fast PWM berbeda dengan opsi PWM lainnya karena operasi single-slope-nya. Counter mencacah dari BOTTOM hingga TOP, kemudian dimulai lagi dari BOTTOM. Dalam mode non-inverting Compare Output, Output Compare (OC1x) dinolkan pada compare match antara TCNT1 dan OCR1x, dan masuk kondisi set pada compare match dan dinolkan pada BOTTOM. Dalam mode

inverting Compare Output, keluaran berada pada kondisi set pada compare match dan dinolkan pada BOTTOM. Berdasarkan operasi single-slope, frekuensi yang beroperasi pada mode Fast PWM bisa dua kali lebih tinggi dari mode Phase Correct PWM yang menggunakan operasi dual-slope.

## 2.8. Motor DC

Motor DC adalah motor yang ditenagai sumber arus DC. Sehingga dibutuhkan rangkaian penyearah untuk mengubah arus sinusoidal (AC) menjadi arus linier (DC) jika sumber arus kita adalah arus AC.

Pada kebanyakan jenis motor DC, arah arus pada *armature* dibalik secara periodic selama putaran. Hal ini dilakukan dengan saklar mekanis untuk membalikkan arus yang terdiri dari sikat (*brushes*) yang terpasang pada stator dan komutator yang terpasang pada shaft. Komutator terdiri dari banyak segmen konduktor yang terisolasi satu sama lain. Tiap segmen komutator terhubung dengan konduktor ke armature. Sikat terletak bersentuhan dengan komutator. Saat komutator bergerak, terjadi aksi *switching* oleh sikat yang bersentuhan dengan segmen komutator, hal ini menyebabkan perubahan arah arus pada armature. Karena sikat dan komutator terus bergesekan, diperlukan perawatan agar motor tetap mencapai performa yang diinginkan. Contoh motor DC dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini:



**Gambar 2.10** Motor DC

Sumber: Laboratorium Desain dan *Prototype*

Keuntungan menggunakan motor DC yaitu kecepatan dan arah putaran motor mudah diatur dibanding motor AC. Motor DC lebih banyak digunakan jika tersedia sumber arus DC, misal pada kendaraan bermotor.

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian

yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.



### BAB III

## METODE PENELITIAN

Perancangan ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasi alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat sesuai diagram blok di atas adalah penentuan spesifikasi alat, studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

### 3.1. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan dan pembuatan alat dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu elektrik dan *software*.

### 3.2. Perancangan Elektrik

Secara garis besar perancangan elektrik dibagi dalam beberapa tahap sebagai berikut:

- 1) Perancangan *minimum system* mikrokontroler
- 2) Perancangan rangkaian LCD
- 3) Perancangan *driver* motor

### 3.3. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak (*Software*)

Penyusunan perangkat lunak (*software*) digunakan untuk mengendalikan dan mengatur kinerja dari mobil listrik ini. Desain dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan ke dalam mikrokontroler.

### 3.4. Pengujian dan Analisis

Untuk menganalisis kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian sistem. Pengujian dilakukan pada rangkaian catu daya, rangkaian mikrokontroler, ADC sensor, LCD, rangkaian *driver*, pengujian motor, dan pengujian secara keseluruhan.

### 3.4.1. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Catu daya merupakan sumber tegangan pada keseluruhan rangkaian alat. Pengujian rangkaian catu daya dilakukan dengan mengukur tegangan masukan dan keluaran pada rangkaian catu daya yang telah dirancang.

### 3.4.2. Pengujian Rangkaian Mikrokontroler

Untuk pengujian rangkaian mikrokontroler, pengujian dilakukan dengan memberi program pada rangkaian mikrokontroler. Mikrokontroler diprogram guna mengetahui kinerja dari rangkaian mikrokontroler.

### 3.4.3 Pengujian ADC Sensor

Pengujian ADC Sensor digunakan untuk mengetahui kinerja dari sensor yang digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan mengubah variabel pada sensor dan membaca keluaran yang tertera pada LCD untuk mengetahui keluaran pada ADC sensor.

### 3.4.4. Pengujian LCD

Pengujian LCD digunakan untuk mengetahui kinerja LCD apakah LCD dapat menampilkan karakter yang telah diatur pada mikrokontroler. Pengujian ini dilakukan dengan memberi masukan karakter pada rangkaian mikrokontroler, kemudian menampilkannya pada rangkaian LCD

### 3.4.5. Pengujian Performansi *Driver*

Pengujian performansi driver dilakukan dengan cara menghubungkan driver pada motor lalu memberi member tegangan sumber. Arah putaran motor dipicu oleh 2 input pada *driver* yaitu port A dan port B. Setelah motor berputar, dilakukan pengukuran kecepatan motor dan pengukuran tegangan pada motor DC. Pengukuran kedua parameter tersebut dilakukan pada saat motor DC berputar ke kanan dan ke kiri.

### 3.4.6. Pengujian Performansi Motor DC

Pengujian performansi motor dc meliputi beberapa pengujian. Salah satunya adalah dengan memberikan catu pada motor dc dengan catu daya yang tegangannya berbeda. Selain itu juga dilakukan pengukuran torsi dan daya. Metode yang digunakan adalah sama, yaitu dengan memberikan tegangan yang berbeda beda.

### 3.4.7. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan menggabungkan semua sistem alat yang telah dirancang sebelumnya guna mengetahui kinerja dari sistem yang digabung kedalam satu bagian.

### 3.5. Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan didapat berdasarkan hasil perealisasiian sistem *driver* pada mobil listrik. Beberapa hal hasil pengujian disampaikan dalam kesimpulan disertai realita yang disusun secara berurutan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



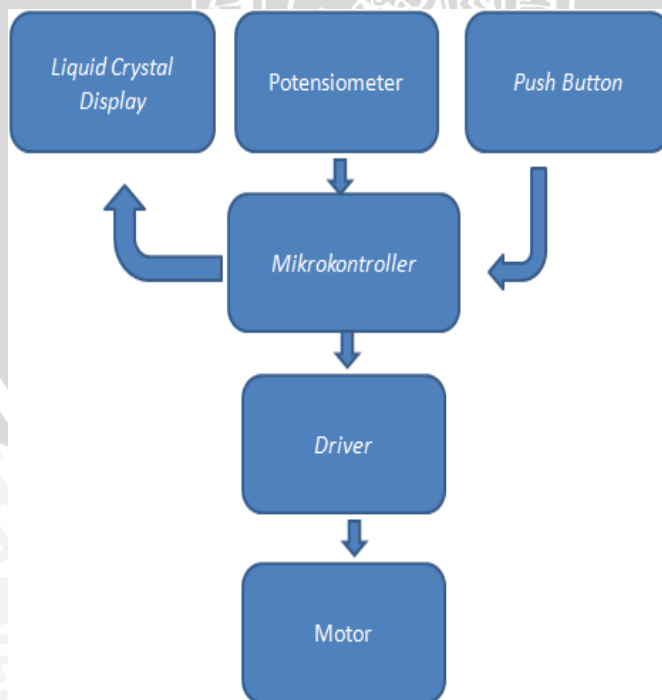


## BAB IV PERANCANGAN DAN ANALISIS

Bab IV akan menjelaskan tentang perancangan sistem alat dan hasil dari perancangan tersebut. Perancangan sistem alat meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Untuk perancangan perangkat keras meliputi: perancangan rangkaian catu daya, perancangan rangkaian LCD, perancangan rangkaian sensor perancangan rangkaian mikrokontroler ATMEGA16, perancangan rangkaian *driver* motor. Perancangan sistem perangkat lunak menjelaskan tentang sistem program dari alat. Hasil dari perancangan akan direalisasikan dan dianalisis untuk mencari kesalahan yang terjadi pada sistem alat.

### 4.1. Perancangan Perangkat Keras

Dalam perancangan perangkat keras terdapat lima bagian perancangan, yaitu: perancangan rangkaian catu daya, perancangan rangkaian LCD, perancangan rangkaian sensor perancangan rangkaian mikrokontroler ATMEGA16, perancangan rangkaian *driver* motor. Bagian pada perangkat keras ditunjukkan dalam gambar blok diagram 4.1. di bawah ini

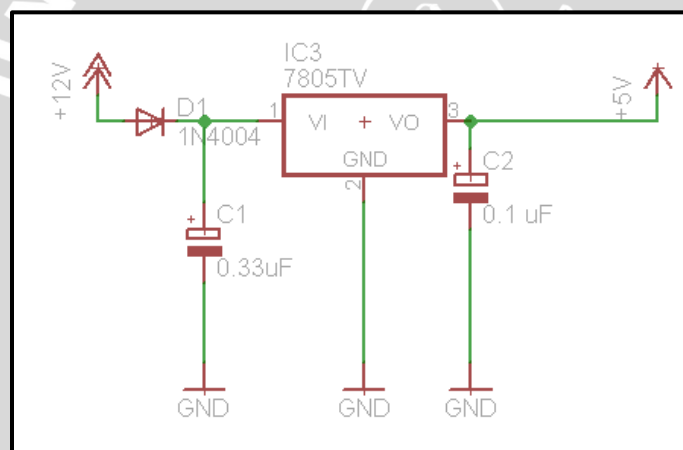


Gambar 4.1 Blok Diagram Alat

Rangkaian catu sebagai suplai tegangan untuk rangkaian elektrik meliputi rangkaian mikrokontroler, input (potensiometer) dan LCD sebagai penampil output. Rangkaian *driver* beserta motor dicatu oleh sumber berupa *accu* 12 V. Input berupa potensiometer untuk mengatur kecepatan Motor DC dan tampilan output ditampilkan oleh LCD..

#### 4.1.1 Perancangan Rangkaian Catu Daya

Sistem alat ini menggunakan dua sumber tegangan, yaitu: Aki 12V sebagai sumber tegangan pada motor DC dan catu daya 5V sebagai sumber tegangan pada sistem alat. Catu daya digunakan pada rangkaian sensor, rangkaian mikrokontroler ATMEGA16, rangkaian LCD, rangkaian *driver* motor. Komponen yang terdapat pada rangkaian catu daya adalah: diode sebagai penyearah tegangan, IC Regulator 7805 sebagai penurun tegangan dari minimal 6V menjadi 5V, kapasitor sebagai filter dan kopling untuk masukan dan keluaran pada IC Regulator. Gambar 4.2 menunjukkan perancangan rangkaian catu daya alat.



Gambar 4.2 Perancangan Rangkaian Catu Daya

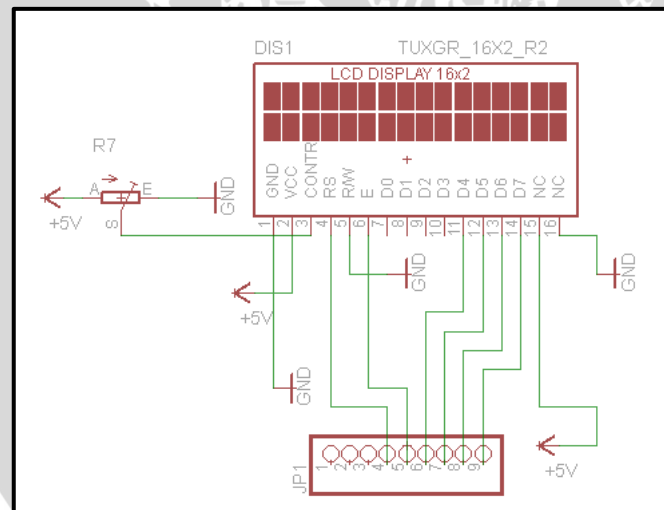
#### 4.1.2 Perancangan Rangkaian LCD

LCD digunakan sebagai tampilan pada alat. Data dari LCD diterima dari mikrokontroler ATMEGA16. Rangkaian LCD meliputi LCD 2x16 dan variabel resistor sebagai pengatur kecerahan pada LCD. LCD 2x16 memiliki 16 pin, tabel 4.1 menunjukkan penggunaan pin LCD pada sistem alat.

**Tabel 4.1** Penggunaan Pin LCD Pada Alat

Pin LCD	Nama Pin	Masukan
1	GND	GND Catu Daya
2	VCC	VCC Catu Daya (+5V)
3	VEE	Variabel Resistor
4	RS	PIN C.0 ATMEGA16
5	RW	PIN C.1 ATMEGA16
6	E	PIN C.2 ATMEGA16
7	D1	-
8	D2	-
9	D3	-
10	D4	-
11	D5	PIN C.4 ATMEGA16
12	D6	PIN C.5 ATMEGA16
13	D7	PIN C.6 ATMEGA16
14	D8	PIN C.7 ATMEGA16
15	VCC	VCC Catu Daya (+5V)
16	GND	GND Catu Daya

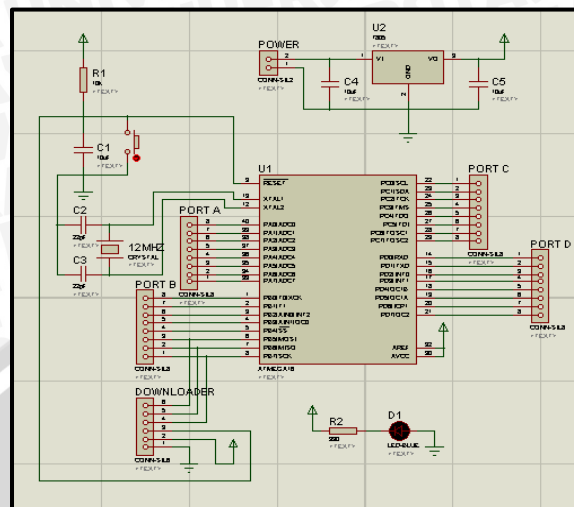
Rangkaian LCD dapat bekerja dengan baik jika dapat menampilkan karakter sesuai dengan program yang telah dibuat dan ditanamkan pada rangkaian mikrokontroler ATMEGA16. Gambar 4.2 menunjukkan perancangan rangkaian LCD.

**Gambar 4.3** Rangkaian LCD

#### 4.1.3 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16

Rangkaian mikrokontroler ATMEGA16 merupakan rangkaian kontroler utama dalam alat ini. Rangkaian mikrokontroler ATMEGA16 menggunakan satu pin masukan untuk sensor pada pinA.0 dan pin keluaran untuk data led dan clock pada pinB0-pinB3, serta port keluaran pada portC dan portD. Masukan untuk program dari Codevision AVR terdapat

pada pin MOSI, MISO, SCK, RST, VCC, GND. Rangkaian mikrokontroler ATMEGA16 ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16

Rangkaian mikrokontroler ATMEGA16 menggunakan *oscillator* eksternal berupa *crystal* 12MHz dengan dua kapasitor 22pF, resistor *pull-up* 10kΩ dan kapasitor 10μF untuk reset, serta LED dengan resistor 330Ω sebagai indikator dari rangkaian mikrokontroler ATMEGA16. Untuk masukan tegangan dari rangkaian mikrokontroler ATMEGA16 menggunakan diode sebagai penganan masukan tegangan dan IC regulator 7805 untuk menurunkan tegangan dari catu daya sebesar 9V<sub>DC</sub> menjadi ±5V<sub>DC</sub>.

#### 4.1.4. Perancangan ADC

ADC (*Analog to Digital Converter*) merupakan sebuah metode pada sistem elektronika yang digunakan untuk mengkonversi sinyal analog(kontinyu) menjadi data digital. Dalam penelitian ini ADC digunakan untuk mengkonversi sinyal analog masukan dari sensor potensiometer yang memiliki keluaran berupa tegangan untuk dijadikan data digital yang kemudian ditampilkan pada rangkaian LCD yang diproses melalui mikrokontroler ATMEGA16.

ATMEGA16 memiliki tegangan referensi 5V dan 8 bit ADC. Range skala pengukuran tegangan ADC pada ATMEGA16 adalah 0-5 *volt*. Maka, resolusi ADC 8 bit adalah 256 desimal (2<sup>8</sup>). Resolusi ADC menentukan ketelitian ADC.

Resolusi tegangan ADC adalah:

$$\text{ADC} = \frac{5V}{(256 - 1)} = 19,6 \text{ mV}$$

Besarnya perubahan pembacaan data digital terjadi setiap kelipatan 19,6mV. Setiap kenaikan tegangan masukan 19,6mV akan mengubah data digital satu tingkat lebih tinggi.

Untuk mengkonversi ADC diperlukan persamaan yang diproses pada mikrokontroler ATMEGA16. Konversi ADC ditunjukkan dalam persamaan 4.1.

$$\text{ADC} = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times \text{Maks data} = \dots\dots\dots (4.1)$$

$V_{in}$  : Tegangan masukan

$V_{ref}$  : Tegangan referensi pada mikrokontroler ATMEGA16

Maks data : Maksimal data dari ADC ( $2^n - 1$ )

Tegangan masukan berasal dari tegangan keluaran pada potensiometer, sementara tegangan referensi pada mikrokontroler sebesar  $5V_{DC}$  dan pada perancangan ini menggunakan 8bit ADC yaitu  $V_{ref}$  dari mikrokontroler ATMEGA16, maka nilai maksimal datanya adalah  $(2^8 - 1) = 225$  data. Berikut ini merupakan perancangan perhitungan ADC berdasarkan persamaan 4.1. Saat tegangan masukan sebesar 4V dan tegangan referensi sebesar 5V:

$$\text{ADC} = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times \text{Maksimal data}$$

$$\text{ADC} = \frac{4V}{5V} \times 225$$

$$\text{ADC} = 0,8 \times 225$$

$$\text{ADC} = 180 \text{ nilai decimal}$$

Dalam biner dapat ditulis menjadi (10110100)

Perhitungan diatas digunakan juga pada tegangan masukan lain. Tabel 4.2 menunjukkan perhitungan perencanaan ADC dengan variabel tegangan masukan yang berbeda.

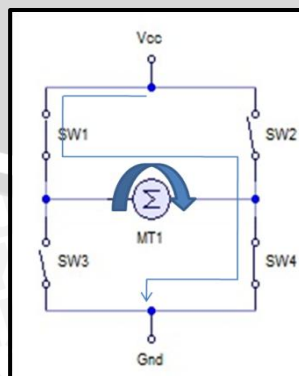
**Tabel 4.2** Perancangan Nilai ADC

Tegangan Masukan ( $V_{in}$ )	Tegangan Refrensi ( $V_{ref}$ )	Bit ADC	Nilai ADC
5 V			225
4,5 V			202,5
4 V			180
3,5 V			157,5
3 V	5V	225	135
2,5 V			112,5
2 V			90
1,5 V			67,5
1 V			45

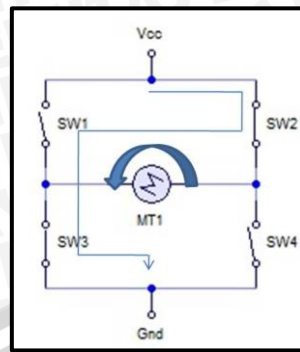
Tegangan referensi digunakan sebagai tegangan pembanding dan acuan ADC pada mikrokontroler dengan mengonversikan tegangan analog menjadi digital. Untuk perubahan tegangan yang kecil, maka dibutuhkan tegangan referensi yang kecil.

#### 4.1.5. Perancangan Rangkaian *Driver* Motor

Untuk driver yang digunakan dalam perancangan ini adalah driver jenis h-bridge. H-Bridge merupakan susunan dari beberapa transistor atau mosfet yang disusun menyerupai huruf H sehingga berfungsi sebagai *switch* yang dapat dikontrol secara digital sehingga dapat mengatur gerakan Motor DC. Cara kerjanya adalah jika saklar satu dan saklar empat ditekan maka motor akan berputar kearah kanan, begitu juga sebaliknya jika saklar dua dan saklar tiga ditekan maka motor akan berputar kearah kiri seperti gambar 4.5 dan gambar 4.6 di bawah ini:

**Gambar 4.5.**H-Bridge Motor Berputar ke Kanan

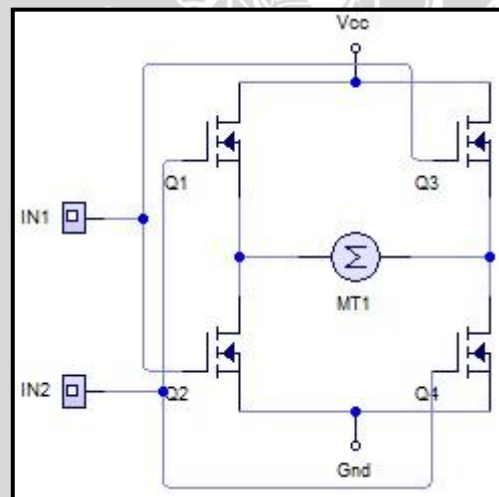
Gambar 4.6 menunjukkan pada saat saklar 2 dan saklar 3 ON motor berputar ke kiri.



**Gambar 4.6.**H-Bridge Motor Berputar ke Kiri

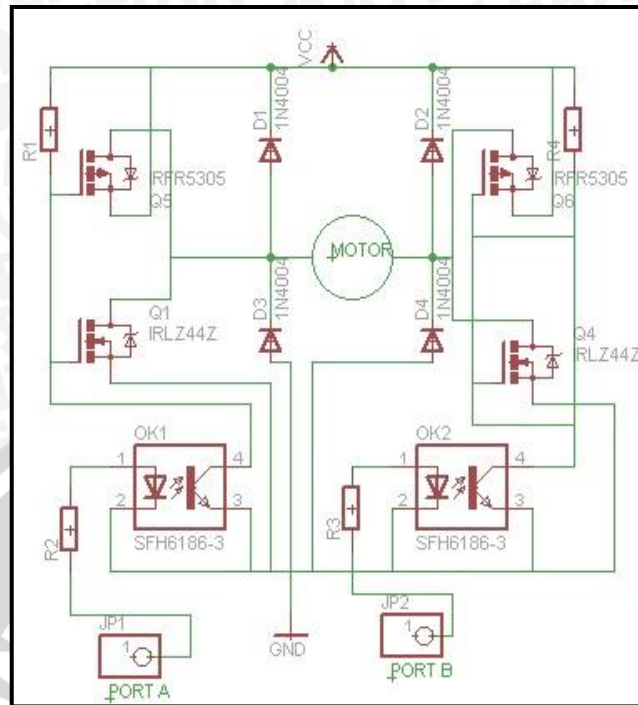
Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 menjelaskan prinsip kerja *h-bridge* secara sederhana. Dalam perancangan ini, keempat saklar pada kedua rangkaian di atas diganti dengan MOSFET tipe irfz44 dan irf9540.

Sehingga rangkaian akan menjadi seperti pada gambar 4.7



**Gambar 4.7** H-bridge

Dari Gambar 4.7, jika MOSFET Q1 dan Q4 aktif, maka motor akan bergerak ke arah kanan. Sebaliknya, jika MOSFET Q2 dan Q3 aktif maka motor akan bergerak ke arah kiri. Motor akan bisa dikontrol secara digital jika rangkaian di atas dihubungkan ke pin Mikrokontroler. Untuk rangkaian lengkap dari rangkaian *driver* dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Rangkaian Driver

Optocoupler 4N25 memiliki spesifikasi sebagai berikut

- $V_{Fmax} = 1,4 \text{ V}$
- $I_{Fmax} = 60 \text{ mA}$
- $I_C = 2 \text{ mA}$
- $V_{CEsat} = 0,5 \text{ V}$
- $CTR_{min} = 20\%$

R1 dan R 4 merupakan resistor untuk menghambat arus  $I_C$  agar tidak melebihi nilai maksimalnya. Nilai R ini adalah

$$R = \frac{V_{Cc} - V_{CE sat}}{I_C}$$

$$R = \frac{12V - 0,5 V}{2 \times 10^{-3} A}$$

$$R_{min} = 5750 \Omega$$

Pada perancangan digunakan R1 dan R4 sebesar  $10K \Omega$ , dan ini sudah lebih dari batas nilai resistor minimum untuk arus yang aman. Dengan Resistansi sebesar  $10k \Omega$  maka nilai  $I_C$  adalah

$$I_C = \frac{V_{Cc} - V_{CE sat}}{R}$$

$$I_C = \frac{12 - 0,5}{10000}$$



$$I_C = 1,15 \text{ mA}$$

Optocoupler 4n25 memiliki CTR sebesar 20%, maka dapat dicari nilai  $I_F$ , yaitu

$$CTR = \frac{I_C}{I_F} \times 100\%$$

$$I_F = \frac{I_C}{CTR} \times 100\%$$

$$I_F = \frac{1,15 \text{ mA}}{20\%} \times 100\%$$

$$I_F = 5,75 \text{ mA}$$

Jadi arus yang diharapkan masuk ke optocoupler sebesar 5,75 mA. Nilai arus ini lebih kecil dibanding dengan arus keluaran mikrokontroler yaitu sebesar 20 mA, sehingga diperlukan resistor pada masukan optocoupler untuk menyesuaikan nilai arus. Nilai  $R_2$  dan  $R_3$  dapat dihitung sebagai berikut:

$$R_{2,3} = \frac{V_A - V_F}{I_F}$$

$$R_{2,3} = \frac{5V - 1,4V}{5,75 \times 10^{-3}}$$

$$R_{2,3} = \frac{3,6V}{5,75 \times 10^{-3}}$$

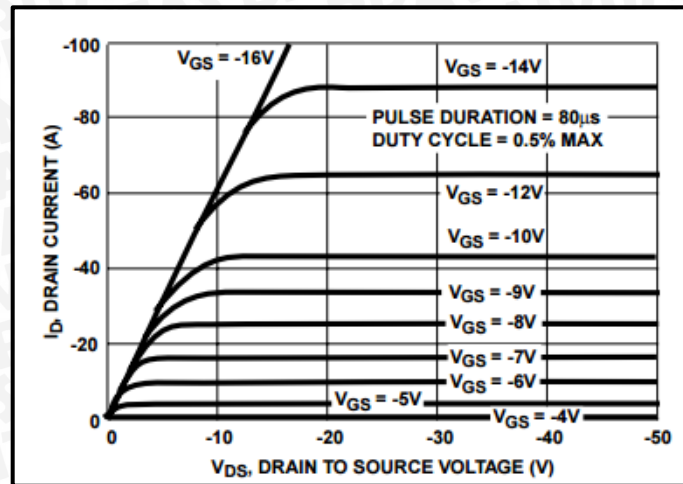
$$R_{2,3} = 626,087 \Omega$$

Berdasarkan perhitungan diatas,  $R_{2,3}$  maksimal saat  $R_{op} = 10K\Omega$  adalah 626,087  $\Omega$ .

$R_{2,3}$  yang digunakan dalam perancangan ini adalah 220  $\Omega$ .

Spesifikasi dari IRF9540 adalah sebagai berikut

- $V_{DS \text{ max}} = -100V$
- $I_{D \text{ max}} = -19A$
- $R_{DS} = 0,2 \Omega$
- $V_{GS \text{ max}} = \pm 20V$
- $V_{GS \text{ threshold}} = -2V \text{ hingga } -4V$



**Gambar 4.9** karakteristik output IRF9540  
(Sumber: Vishay, 2011)

IRF9540 aktif saat tegangan  $V_{GS} = -12\text{ V}$ , terjadi saat mendapat logika 0 dari mikrokontroler. Besar tegangan  $V_{CC}$  diketahui sebesar  $12\text{ V}$ , maka  $V_{DS} = -12\text{ V}$ . Dari karakteristik keluaran MOSFET pada gambar diatas terlihat bahwa saat  $V_{GS} = -12\text{ V}$  dan  $V_{DS} = -12\text{ V}$  maka  $I_D = -\pm 60\text{ A}$ . Nilai  $I_D$  ini melebihi arus motor yang sebesar  $4,5\text{ A}$ . Pada saat mendapat logika 1 maka besar  $V_{GS} = 0\text{ V}$  sehingga MOSFET tidak aktif atau dalam keadaan *cut-off*, sehingga  $I_D = 0\text{ A}$ .

Spesifikasi dari IRFZ44N adalah sebagai berikut:

- $V_{DS\text{ max}} = 60\text{ V}$
- $I_{D\text{ max}} = 60\text{ A}$
- $R_{DSon} = 22\text{ m}\Omega$
- $V_{GS\text{ max}} = \pm 20\text{ V}$
- $V_{GS\text{ threshold}} = 2\text{ V} - 4\text{ V}$

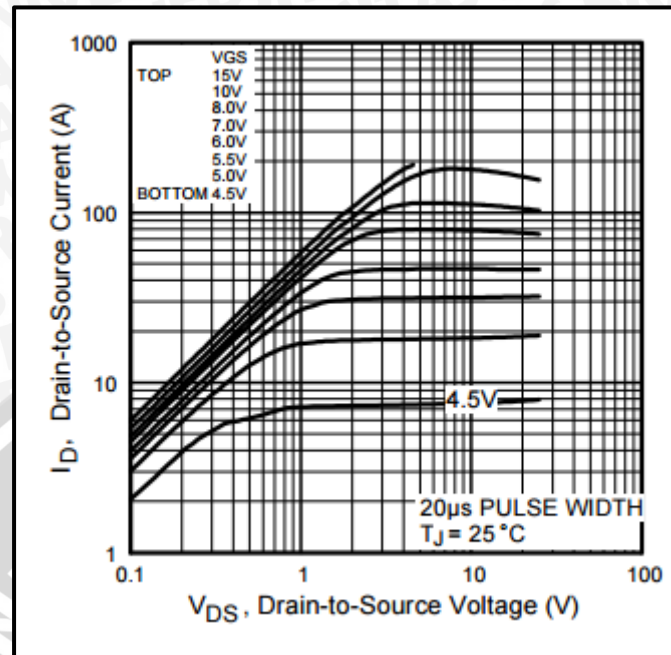
IRFZ44 merupakan mosfet tipe N sehingga aktif saat nilai  $V_{GS}$  bernilai positif. Pada perancangan rangkaian ini mosfet aktif saat diberi logika 1 dari mikrokontroler. Besar  $V_{GS}$  dari mosfet ini adalah sebesar

$$V_{gs} = V_{cc} - (I_c \times R_{1,3})$$

$$V_{gs} = 12 - (1,15 \times 10^{-3} \times 10000)$$

$$V_{gs} = 12 - 0,5$$

$$V_{gs} = 11,5\text{ V}$$

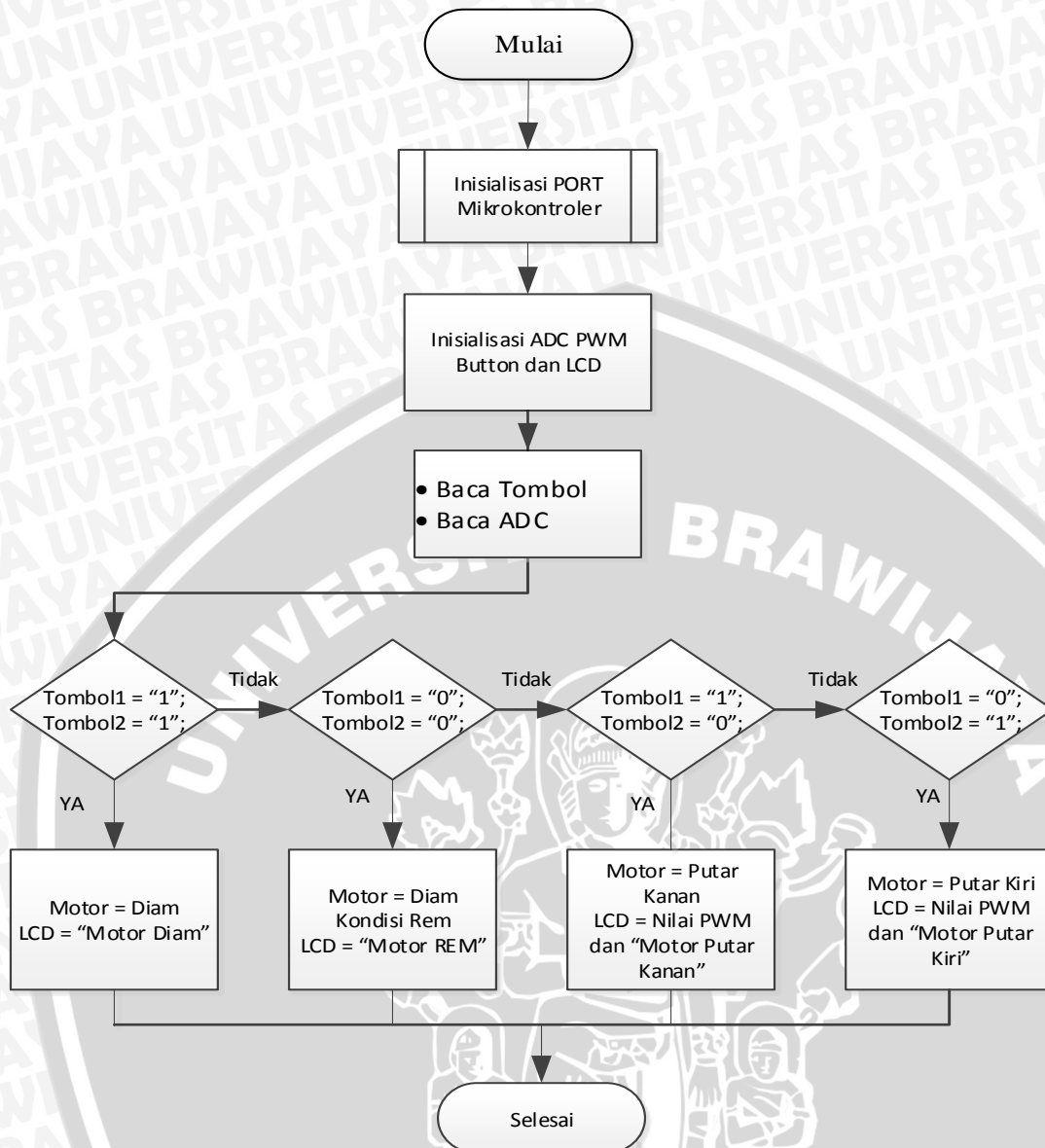


**Gambar 4.10** Karakteristik output IRFZ44  
(Sumber: Vishay, 2011)

Diketahui  $V_{GS} = 11,5$ ,  $V_{DS} = 12$  V, dan karakteristik output irfz44 seperti gambar diatas. Maka besar arus  $I_D = \pm 100$  A lebih dari arus motor yaitu 4,5 A saja. Jadi perancangan ini masih aman untuk mmenghantarkan arus motor tersebut. Saat mendapat logika 0 maka tegangan  $V_{GS} = 0$  V, sehingga MOSFET tidak aktif atau dalam keadaan cut-off, sehingga  $I_D = 0$  A.

## 4.2 Perancangan Perangkat Lunak

Program pada perangkat lunak digunakan untuk mengendalikan seluruh sistem pada perangkat keras. Dalam sistem alat ini, perangkat lunak ditanamkan pada mikrokontroler ATMEGA16. Mikrokontroler ATMEGA16 merupakan media kontroler untuk keseluruhan sistem. Program pada perangkat lunak dimulai dengan inisialisasi sistem pada mikrokontroler ATMEGA16, yang meliputi: inisialisasi *library*, inisialisasi ADC, inisialisasi LCD, inisialisasi *timer/counter*, dan inisialisasi PORT yang digunakan. Selanjutnya dilakukan pengaturan kerja sistem pada alat. Diagram alir program perangkat lunak ditunjukkan pada gambar 4.11 di bawah ini.



**Gambar 4.11** Diagram Alir Program Perangkat Lunak

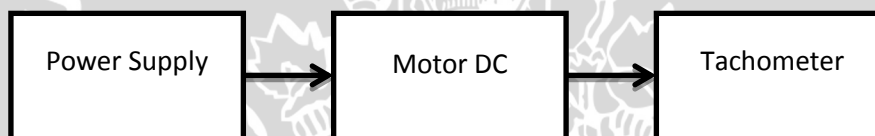
Saat push button 1 bernilai aktif “1” dan push button 2 bernilai “0” maka motor akan berputar searah jarum jam dengan kecepatan sesuai dengan nilai ADC pada sensor potensiometer dan LCD akan menampilkan nilai ADC beserta kondisi motor berputar ke kanan. Saat push button 1 bernilai “0” dan push button 2 bernilai “1”, maka motor akan berputar berlawanan dengan arah jarum jam dengan kecepatan sesuai dengan nilai ADC pada sensor potensiometer dan LCD menampilkan nilai ADC beserta kondisi motor yang berputar ke kiri. Saat kondisi push button 1 bernilai “1” dan push button 2 bernilai “1”, maka kondisi motor akan diam dan LCD menampilkan karakter “Motor Diam”. Saat kondisi push button 1 bernilai “0” dan kondisi push button 2 bernilai “0”, maka motor tidak bergerak dan LCD menampilkan karakter “Motor Rem”.

### 4.3 Pengujian dan Analisis

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja dari masing-masing bagian pada blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 4.1. sistem pada blok diagram dapat bekerja dengan baik jika hasil keluaran sesuai dengan perancangan yang telah dibahas sebelumnya. Selanjutnya dilakukan analisa pada masing-masing bagian blok diagram dan pengujian secara keseluruhan. Hasil dari analisa sistem digunakan dalam pengambilan kesimpulan pada penelitian ini.

#### 4.3.1 Pengujian Kecepatan Motor DC

Pada pengujian motor DC bertujuan untuk mengetahui hubungan antara perubahan tegangan terhadap kecepatan motor. Langkah-langkah percobaan pengujian dilakukan seperti pada diagram blok pengujian kecepatan motor DC yang ditunjukan seperti pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Diagram blok pengujian kecepatan motor

#### 1. Peralatan Yang Digunakan

- Power supply
- Motor DC
- Tachometer

#### 2. Prosedur Pengujian Kecepatan Motor DC

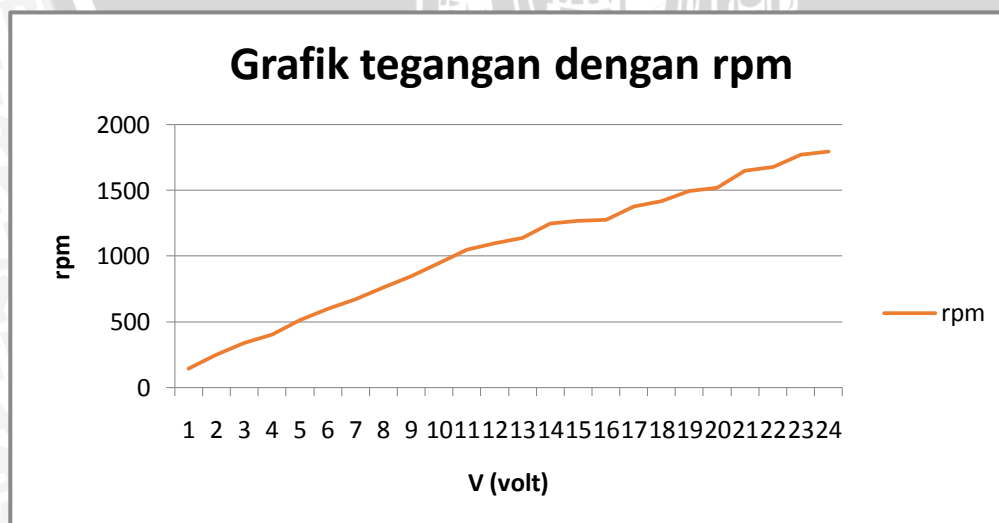
Prosedur pengujian dilakukan dengan menghubungkan motor DC dengan *power supply*, kemudian poros motor DC dihubungkan dengan tachometer, setelah itu tegangan dari *power supply* diubah-ubah mulai 0-24 V dengan kenaikan 1 V, catat hasil setiap perubahan kecepatan motor yang diukur menggunakan tachometer.

#### 3. Hasil Pengujian Kecepatan Motor DC

Hasil pengujian kecepatan motor terhadap tegangan tertentu yang diperoleh melalui beberapa kali percobaan dapat dilihat pada tabel 4.3.

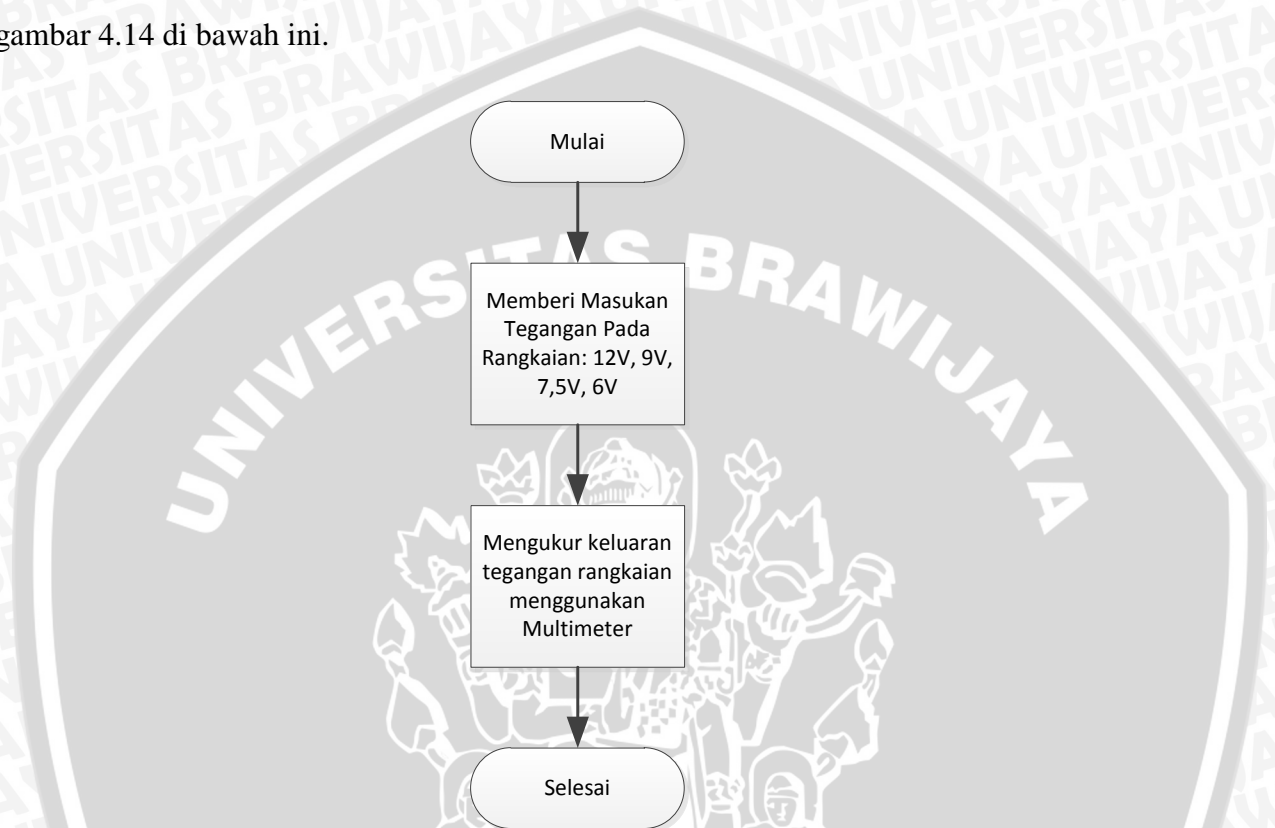
**Tabel 4.3** Data tegangan dengan kecepatan dan arus motor

Tegangan (V)	Motor 1		Motor 2	
	Kecepatan (RPM)	Arus (A)	Kecepatan (RPM)	Arus (A)
1	142	0,11	145	0,11
2	247	0,19	250	0,19
3	338	0,21	340	0,21
4	402	0,22	412	0,22
5	512	0,23	512	0,23
6	598	0,25	598	0,25
7	672	0,26	672	0,26
8	762	0,27	762	0,27
9	846	0,28	846	0,28
10	946	0,29	946	0,29
11	1048	0,3	1048	0,3
12	1097	0,3	1097	0,3
13	1138	0,31	1138	0,31
14	1247	0,32	1247	0,32
15	1268	0,34	1268	0,34
16	1278	0,35	1278	0,35
17	1380	0,36	1380	0,36
18	1418	0,37	1418	0,37
19	1497	1,38	1497	1,38
20	1522	0,38	1522	0,38
21	1652	0,39	1652	0,39
22	1682	0,4	1682	0,4
23	1772	0,41	1772	0,41
24	1798	0,42	1798	0,42

**Gambar 4.13** Grafik hubungan antara tegangan dengan kecepatan

### 4.3.2 Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengujian rangkaian Catu Daya digunakan untuk mengetahui keluaran pada rangkaian ini. Rangkaian Catu Daya dapat bekerja dengan baik saat keluaran pada rangkaian Catu Daya sebesar  $\pm 5V$ . Tegangan sebesar  $\pm 5V$  tersebut digunakan pada sebagian besar dari sistem alat yang digunakan. Prosedur pengujian rangkaian catu daya dapat dilihat pada gambar 4.14 di bawah ini.



**Gambar 4.14** Diagram Alir Pengujian Rangkaian Catu Daya

Gambar 4.14 menunjukkan diagram alir pengujian rangkaian Catu Daya. Pengujian dilakukan dengan memberi masukan tegangan DC pada masukan rangkaian Catu Daya dan mengukur tegangan keluaran rangkaian Catu Daya menggunakan multimeter. Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian rangkaian Catu Daya.

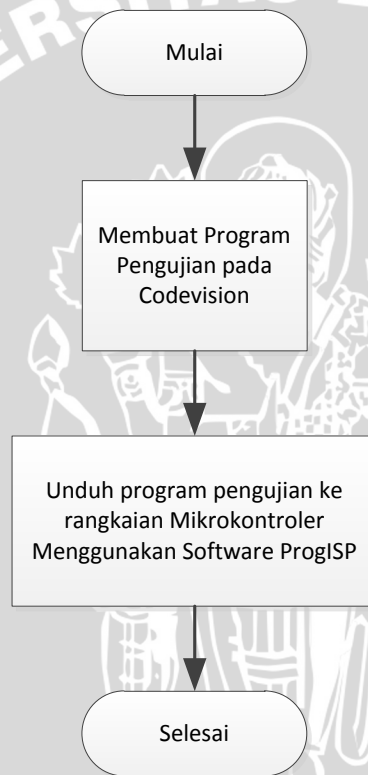
**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya

Tegangan Masukan	Tegangan Keluaran
12 V <sub>DC</sub>	4,9 V <sub>DC</sub>
9 V <sub>DC</sub>	
7,5 V <sub>DC</sub>	
6 V <sub>DC</sub>	

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 rangkaian Catu Daya berfungsi dengan baik, karena hasil dari tegangan keluaran sebesar 4,9 V<sub>DC</sub>. Tegangan tersebut mampu untuk memenuhi kebutuhan tegangan pada sebagian sistem alat.

#### 4.3.3. Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16

Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16 merupakan perangkat utama yang digunakan sebagai pengatur untuk keseluruhan sistem alat. Pengujian rangkaian mikrokontroler ATMEGA16 dilakukan dengan memberi sebuah program dengan format .hex pada mikrokontroler ATMEGA16 melalui *software* ProgISP. Gambar 4.15 menunjukkan diagram alir pengujian rangkaian mikrokontroler ATMEGA16.



**Gambar 4.15** Diagram Alir Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16

Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16 dapat bekerja dengan baik, saat *software* ProgISP dapat menanamkan program yang berformat .hex kedalam mikrokontroler ATMEGA16. ProgISP akan menunjukkan peringatan berhasil saat program dapat ditanamkan kedalam mikrokontroler ATMEGA16. Berdasarkan hasil pengujian, rangkaian mikrokontroler ATMEGA16 dapat digunakan dan berfungsi dengan baik, karena program yang telah dirancang dapat ditanamkan kedalam mikrokontroler ATMEGA16 melalui *software* ProgISP.



#### 4.3.4. Pengujian Rangkaian LCD

Pengujian rangkaian LCD dilakukan untuk mengetahui kinerja dari rangkaian tersebut. Rangkaian LCD dapat berjalan dengan baik saat dapat menampilkan karakter yang dirancang pada program yang ditanamkan dalam mikrokontroler ATMEGA16. Berikut ini merupakan cuplikan program yang digunakan dalam pengujian rangkaian LCD.

```
#include <mega16.h>
#include <alcd.h>
#include <delay.h>

While (1){
Lcd_gotoxy(0,0);
Lcd_putsf("COBA LCD");
Lcd_gotoxy(0,1);
Lcd_putsf("OKKY MAHMUDI");
Delay_ms(100);
}
```

Berdasarkan cuplikan program diatas rangkaian LCD dapat bekerja dengan baik saat dapat menampilkan karakter "COBA LCD" dan pada baris kedua menampilkan karakter "OKKY MAHMUDI". Gambar 4.16 menunjukkan hasil pengujian rangkaian LCD.

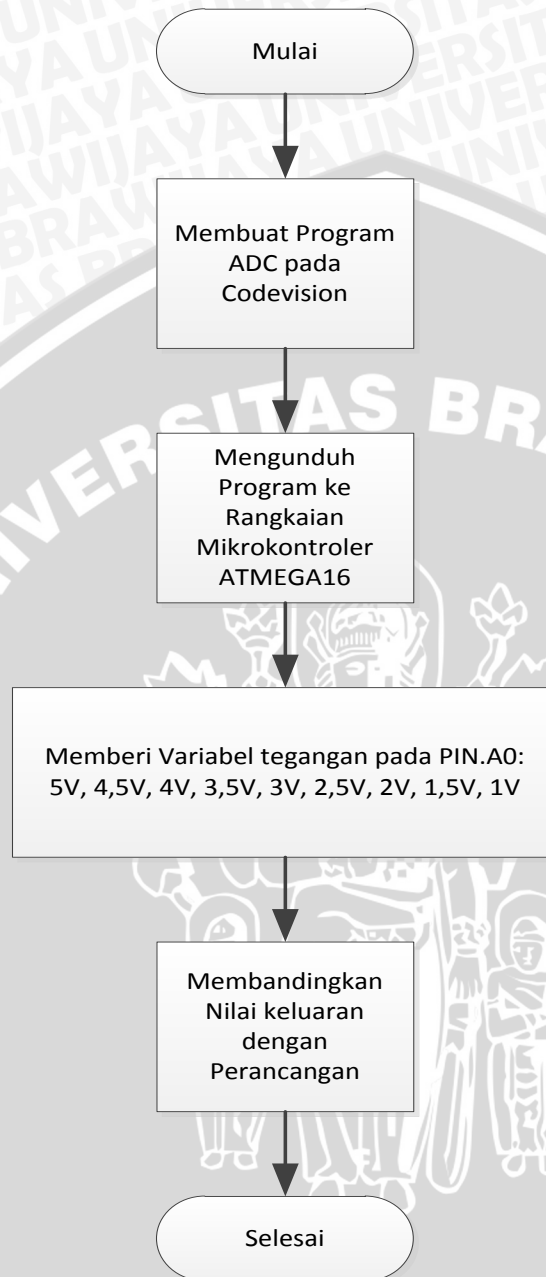


**Gambar 4.16** Pengujian Rangkaian LCD

#### 4.3.5. Pengujian ADC

Pengujian ADC digunakan untuk mengetahui kinerja dari ADC pada mikrokontroler ATMEGA16. ADC digunakan untuk mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Dalam penelitian ini pengujian ADC dilakukan dengan memberi tegangan pada

PINA.0 dan mengkonversi keluarannya menjadi karakter yang ditampilkan pada rangkaian LCD. Gambar 4.17 menunjukkan diagram alir pengujian ADC.



**Gambar 4.17** Diagram Alir Pengujian ADC

Pengujian ADC dilakukan dengan memberi tegangan masukan sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Tegangan masukan berasal dari sensor potensiometer. Keluaran tegangan dari sensor potensiometer dimasukkan kedalam PIN.A0 pada mikrokontroler ATMEGA16. Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian ADC.

**Tabel 4.5.** Hasil Pengujian ADC

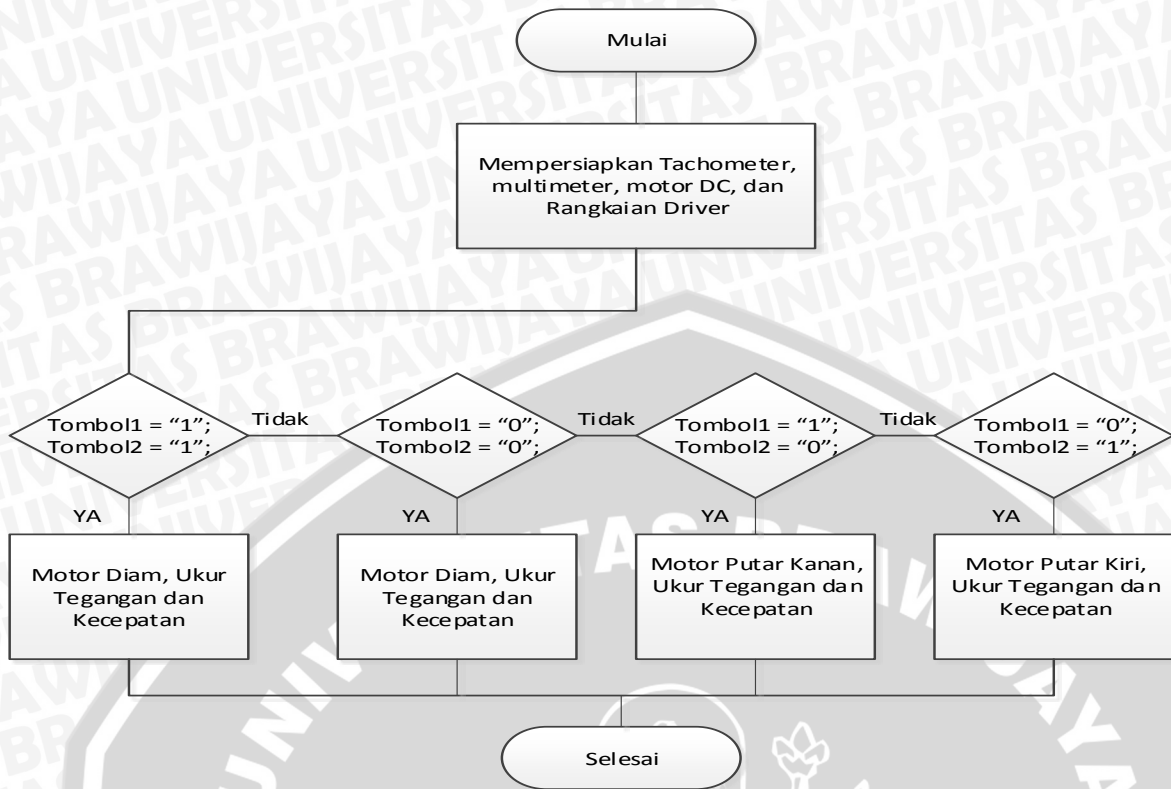
Tegangan Masukan	ADC Perancangan	Hasil ADC	Error
5 V <sub>DC</sub>	225	221	1.81 %
4,5 V <sub>DC</sub>	202.5	201	0.75 %
4 V <sub>DC</sub>	180	178	1.12 %
3,5 V <sub>DC</sub>	157.5	158	0.32 %
3 V <sub>DC</sub>	135	134	0.75 %
2,5 V <sub>DC</sub>	112.5	11	1.35 %
2 V <sub>DC</sub>	90	91	1.10 %
1,5 V <sub>DC</sub>	67.5	66	2.27 %
1 V <sub>DC</sub>	45	44	2.27 %

#### 4.3.6. Pengujian Rangkaian *Driver*

Pengujian rangkaian *driver* dilakukan untuk mengetahui kinerja dari rangkaian *driver*. Rangkaian *driver* dapat bekerja dengan baik jika rangkaian *driver* dapat mengendalikan putaran motor.

Untuk mengendalikan putaran motor kedua tombol masukan diberi pemicuan sinyal. Saat tombol1 diberi logika “1” dan tombol2 diberi logika “1”, maka motor akan diam karena tidak ada aliran tegangan yang masuk pada motor. Saat tombol1 diberi logika “1” dan tombol2 diberi logika “0”, maka motor akan berputar ke kiri. Saat tombol1 diberi logika “0” dan tombol2 diberi logika “1”, maka motor akan berputar ke kanan.

Saat tombol1 diberi logika “0” dan tombol2 diberi logika “0”, maka motor diam. Gambar 4.18 menunjukkan diagram alir pengujian rangkaian *driver*.



Gambar 4.18 Diagram Alir Pengujian Rangkaian Driver

Tabel pengujian rangkaian driver motor DC dapat dilihat pada tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Rangkaian Driver Motor

Kondisi Tombol 1	Kondisi Tombol 2	Tegangan Keluaran 1	Tegangan Keluaran 2	Kecepatan Motor	Kondisi Motor
1	1	0 V	0 V	0 rpm	Diam
1	0	0 V	11,2 V	1092 rpm	Putar Kanan
0	1	11,6 V	0 V	1089 rpm	Putar Kiri
0	0	11,4 V	11,4 V	0 rpm	Diam rem

#### 4.3.7. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian keseluruhan yang dilakukan adalah dengan mengubah nilai PWM yang dimasukkan dalam program. Perubahan nilai PWM akan memengaruhi kecepatan putaran motor. Berikut adalah detail pengujian pada seluruh sistem dimulai dengan tombol 1 dan 2 diberi logika *high*(1).

**Tabel 4.7** Tombol 1 dan 2 diberi logika 1.

PWM	Teg.1	Teg.2	Kecepatan	Kondisi Motor
255	0V	0V	0 rpm	Diam
168				
112				
56				
0				

Kedua tombol aktif maka tidak ada arus yg mengalir sehingga keadaan motor diam. Kemudian untuk kondisi tombol 1 berlogika 0 dan tombol 2 berlogika 0 adalah pada table berikut ini.

**Tabel 4.8** Kondisi Tombol 1 Berlogika 0 dan Tombol 2 Berlogika 0

PWM	Tegangan 1	Tegangan 2	Kecepatan	Kondisi Motor
225	11,6V	11,8V	0 rpm	Rem
168				
112				
56				
0	0V	0V		Diam

Tabel 4.5 menunjukkan kondisi sama seperti sebelumnya, yaitu motor diam, karena tidak ada arus yang mengalir. Selanjutnya adalah dengan kondisi tombol 1 berlogika 1 dan tombol 2 berlogika 0. Hasilnya ditunjukkan oleh tabel 4.9 berikut ini.

**Tabel 4.9** Kondisi tombol 1 berlogika 1 dan tombol 2 berlogika 0

PWM	Tegangan 1	Tegangan 2	Kecepatan	Kondisi Motor
225	11,7V	0V	1081 rpm	Putar Kanan
168			792 rpm	
112			517 rpm	
56			250 rpm	
0	0V		0 rpm	Diam

Dari tabel di atas motor berputar ke kanan dengan kecepatan berubah ubah sesuai dengan PWM yg diatus dalam program. PWM dimulai dari 0-225. Kecepatan motor berubah sesuai degan kecepatan PWM. Pengujian yang terakhir adalah dengan memberi tombol 1 dengan logika 1 dan tombol 2 logika 0. Hasilnya ditunjukkan oleh tabel 4.7 di bawah ini.

**Tabel 4.10.** tombol 1 dengan logika 1 dan tombol 2 logika 0

PWM	Tegangan 1	Tegangan 2	Kecepatan	Kondisi Motor
225	0V	11,5V	1090 rpm	Putar Kiri
168			745 rpm	
112			520 rpm	
56			245 rpm	
0		0V	0 rpm	Diam

Data yang diperoleh dari pengujian ke-4 hampir sama dengan pengujian yang ke-3 yaitu motor berputar ke kiri dan kecepatan motor berubah sesuai dengan PWM yang diubah melalui program pada mikrokontroler.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Spesifikasi motor DC 12V 4,5 A maka diperlukan MOSFET yang mampu menampung arus lebih dari 4,5 A. Kondisi ini motor tidak berbeban. Pada saat motor DC berbeban maka arus bisa lebih besar dari 4,5 A. Pada perancangan ini  $I_D$  pada irfz44 = 100 A dan  $I_D$  pada irf9540 = 50 A. Maka komponen dalam perancangan ini masih aman selama motor tidak berbeban.
- 2) Pada dua kondisi tombol 1 dan 2 berlogika 1 dan pada saat kedua tombol berlogika 0 keadaan motor DC diam dan terjadi rem sama-sama berkecepatan 0 rpm. Namun, pada kondisi kedua terdapat tegangan sebesar 11,6V dan 11,8V pada kedua port *driver*. Pada kondisi ketiga saat kondisi tombol 1 berlogika 0 dan tombol 2 berlogika 1, motor DC berputar ke kanan dengan kecepatan bervariasi tergantung pada PWM yang diberikan. Kecepatan motor DC bervariasi mulai dari 0 sampai 1081 rpm.

#### 5.2. Saran

Dalam perancangan dan pembuatan sistem ini masih terdapat kelemahan. Agar tercapai sautu perbaikan kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan.

- Disarankan untuk perancangan selanjutnya dibery sensor rotary encoder agar dapat mengetahui kecepatan motor melalui program perangkat lunak.
- Disarankan untuk member i beban pada motor agar dapat mengetahui kinerja dan kemampuan *driver* motor DC.
- Membuat desain niniatur mobil listrik dan menerapkan driver pada miniatur mobil listrik





## DAFTAR PUSTAKA

Boylestad, R, Nashelsky, L. 2007. *Electronic Devices and Circuit Theory*. New Jersey: Prentice Hall.

Katal, G, Gupta, S, Kakkar, S. 2013. *Design and Operation of Synchronited Robotic Arm*. Delhi: Maharaja Agresen Institute and Technology

Soebhakti, Hendawan. 2007. *Basic AVR Microcontroller Tutorial*. Batam: Politeknik Batam

[www.atmel.com](http://www.atmel.com) Diakses 15 Juni 2016

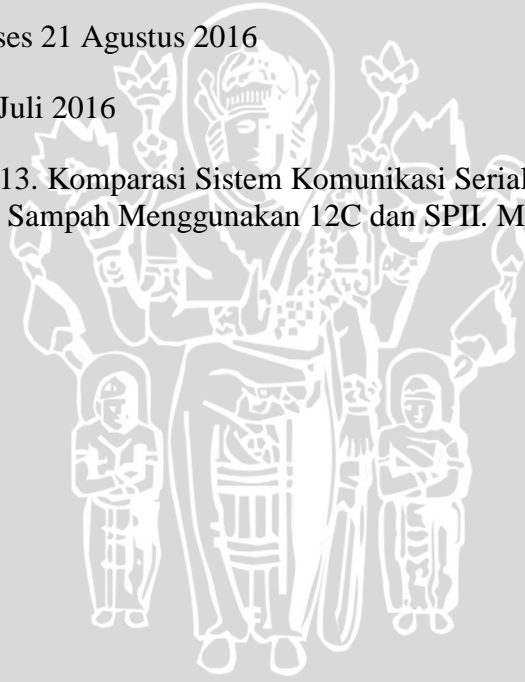
[www.braude.ac.il](http://www.braude.ac.il) Diakses 10 Julis 2016

[www.engineergalery.com](http://www.engineergalery.com) Diakses 20 Juni 2016

[www.makerstkart.com](http://www.makerstkart.com) Diakses 21 Agustus 2016

[www.vishay.com](http://www.vishay.com) Diakses 1 Juli 2016

Yudi Sulistiyono, Taufiq. 2013. *Komparasi Sistem Komunikasi Serial Multipoint Pada Robot Management Sampah Menggunakan 12C dan SPII*. Malang: Universitas Brawijaya.



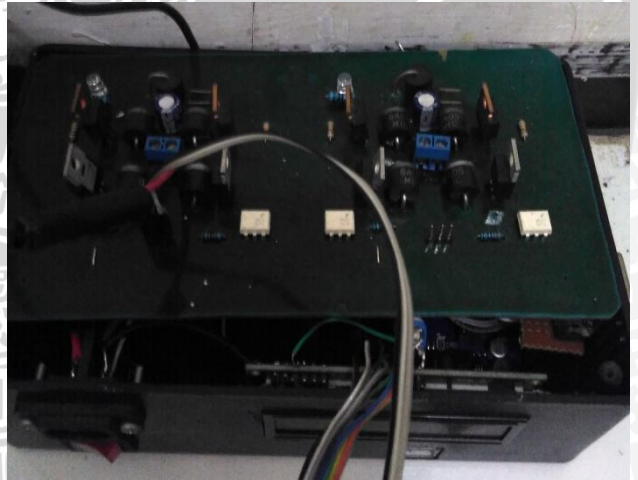
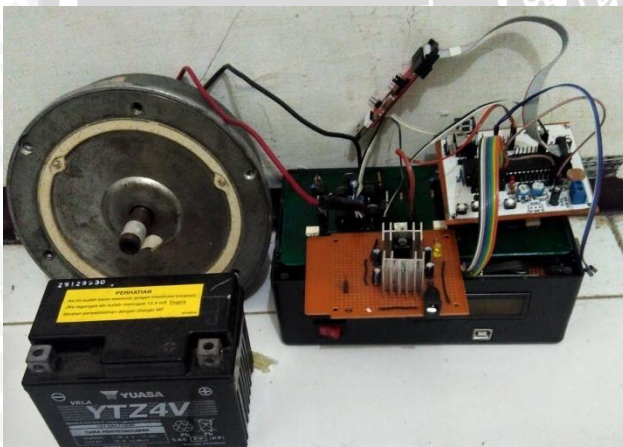
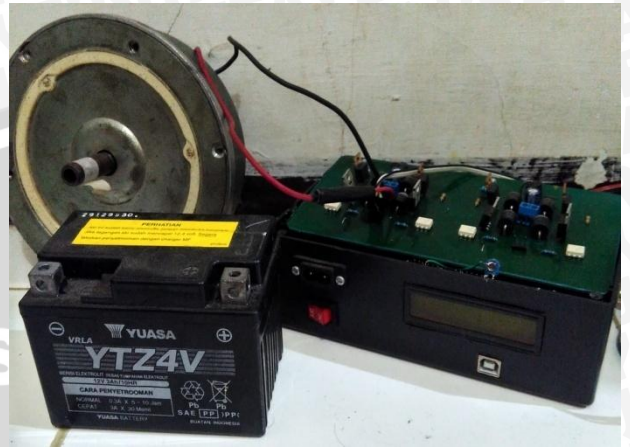
# LAMPIRAN I

---

---

Foto Alat





# LAMPIRAN II

---

---

Data Sheet





**IRFZ44, SiHFZ44**

Vishay Siliconix

**Power MOSFET**

PRODUCT SUMMARY		
V <sub>DS</sub> (V)	60	
R <sub>DS(on)</sub> (Ω)	V <sub>GS</sub> = 10 V	0.028
Q <sub>g</sub> (Max.) (nC)	67	
Q <sub>gs</sub> (nC)	18	
Q <sub>gd</sub> (nC)	25	
Configuration	Single	

**FEATURES**

- Dynamic dV/dt Rating
- 175 °C Operating Temperature
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC

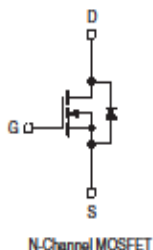
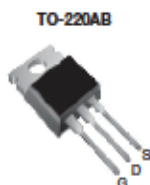


RoHS COMPLIANT

**DESCRIPTION**

Third generation Power MOSFETs from Vishay provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220AB package is universally preferred for commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 W. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220AB contribute to its wide acceptance throughout the industry.



ORDERING INFORMATION	
Package	TO-220AB
Lead (Pb)-free	IRFZ44PbF SiHFZ44-E3
SnPb	IRFZ44 SiHFZ44

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T <sub>C</sub> = 25 °C, unless otherwise noted)				
PARAMETER	SYMBOL	LIMIT	UNIT	
Drain-Source Voltage	V <sub>DS</sub>	60	V	
Gate-Source Voltage	V <sub>GS</sub>	± 20		
Continuous Drain Current <sup>a</sup>	V <sub>GS</sub> at 10 V	T <sub>C</sub> = 25 °C	A	
Continuous Drain Current		T <sub>C</sub> = 100 °C		
Pulsed Drain Current <sup>a</sup>	I <sub>DM</sub>	200		
Linear Derating Factor		1.0	W/°C	
Single Pulse Avalanche Energy <sup>b</sup>	E <sub>AS</sub>	100	mJ	
Maximum Power Dissipation	T <sub>C</sub> = 25 °C	P <sub>D</sub>	150 W	
Peak Diode Recovery dV/dt <sup>c</sup>	dV/dt	4.5	V/ns	
Operating Junction and Storage Temperature Range	T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	- 55 to + 175		°C
Soldering Recommendations (Peak Temperature) <sup>d</sup>	for 10 s	300		
Mounting Torque	6-32 or M3 screw	10		lbf · in
		1.1		N · m

**Notes**

- Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).
- V<sub>DS</sub> = 25 V, starting T<sub>J</sub> = 25 °C, L = 44 μH, R<sub>θ</sub> = 25 Ω, I<sub>AS</sub> = 51 A (see fig. 12).
- I<sub>SD</sub> ≤ 51 A, dI/dt ≤ 250 A/μs, V<sub>DD</sub> ≤ V<sub>DS</sub>, T<sub>J</sub> ≤ 175 °C.
- 1.6 mm from case.
- Current limited by the package, (die current = 51 A).

\* Pb containing terminations are not RoHS compliant, exemptions may apply

Document Number: 91291  
S11-0517-Rev. B, 21-Mar-11

www.vishay.com  
1

This datasheet is subject to change without notice.  
THE PRODUCT DESCRIBED HEREIN AND THIS DATASHEET ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT [www.vishay.com/doc?91000](http://www.vishay.com/doc?91000)





## IRFZ44, SiHFZ44

Vishay Siliconix



THERMAL RESISTANCE RATINGS				
PARAMETER	SYMBOL	TYP.	MAX.	UNIT
Maximum Junction-to-Ambient	$R_{thJA}$	-	62	°C/W
Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	$R_{thCS}$	0.50	-	
Maximum Junction-to-Case (Drain)	$R_{thJC}$	-	1.0	

SPECIFICATIONS ( $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted)						
PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
<b>Static</b>						
Drain-Source Breakdown Voltage	$V_{DS}$	$V_{GS} = 0\text{ V}, I_D = 250\text{ }\mu\text{A}$	60	-	-	V
$V_{DS}$ Temperature Coefficient	$\Delta V_{DS}/T_J$	Reference to $25\text{ }^\circ\text{C}$ , $I_D = 1\text{ mA}$	-	0.060	-	V/°C
Gate-Source Threshold Voltage	$V_{GS(th)}$	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\text{ }\mu\text{A}$	2.0	-	4.0	V
Gate-Source Leakage	$I_{GSS}$	$V_{GS} = \pm 20\text{ V}$	-	-	$\pm 100$	nA
Zero Gate Voltage Drain Current	$I_{DSS}$	$V_{DS} = 60\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}$	-	-	25	$\mu\text{A}$
		$V_{DS} = 48\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}, T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$	-	-	250	
Drain-Source On-State Resistance	$R_{DS(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 31\text{ A}^b$	-	-	0.028	$\Omega$
Forward Transconductance	$g_{fs}$	$V_{DS} = 25\text{ V}, I_D = 31\text{ A}$	15	-	-	S
<b>Dynamic</b>						
Input Capacitance	$C_{iss}$	$V_{GS} = 0\text{ V}, V_{DS} = 25\text{ V}, f = 1.0\text{ MHz}$ , see fig. 5	-	1900	-	pF
Output Capacitance	$C_{oss}$		-	920	-	
Reverse Transfer Capacitance	$C_{rss}$		-	170	-	
Total Gate Charge	$Q_g$	$V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 51\text{ A}, V_{DS} = 48\text{ V}$ , see fig. 6 and 13 <sup>b</sup>	-	-	67	nC
Gate-Source Charge	$Q_{gs}$		-	-	18	
Gate-Drain Charge	$Q_{gd}$		-	-	25	
Turn-On Delay Time	$t_{d(on)}$	$V_{DD} = 30\text{ V}, I_D = 51\text{ A}, R_g = 9.1\text{ }\Omega, R_D = 0.55\text{ }\Omega$ , see fig. 10 <sup>b</sup>	-	14	-	ns
Rise Time	$t_r$		-	110	-	
Turn-Off Delay Time	$t_{d(off)}$		-	45	-	
Fall Time	$t_f$		-	92	-	
Internal Drain Inductance	$L_D$	Between lead, 6 mm (0.25") from package and center of die contact 	-	4.5	-	nH
Internal Source Inductance	$L_S$		-	7.5	-	
<b>Drain-Source Body Diode Characteristics</b>						
Continuous Source-Drain Diode Current	$I_S$	MOSFET symbol showing the integral reverse p - n junction diode 	-	-	50	A
Pulsed Diode Forward Current <sup>a</sup>	$I_{SM}$		-	-	200	
Body Diode Voltage	$V_{SD}$	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}, I_S = 51\text{ A}, V_{GS} = 0\text{ V}^b$	-	-	2.5	V
Body Diode Reverse Recovery Time	$t_{rr}$	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}, I_F = 51\text{ A}, dI/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$	-	120	180	ns
Body Diode Reverse Recovery Charge	$Q_{rr}$		-	0.53	0.80	nC
Forward Turn-On Time	$t_{on}$		Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S$ and $L_D$ )			

**Notes**

- a. Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).  
 b. Pulse width  $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .



**IRFZ44, SiHFZ44**

Vishay Siliconix

**TYPICAL CHARACTERISTICS** (25 °C, unless otherwise noted)

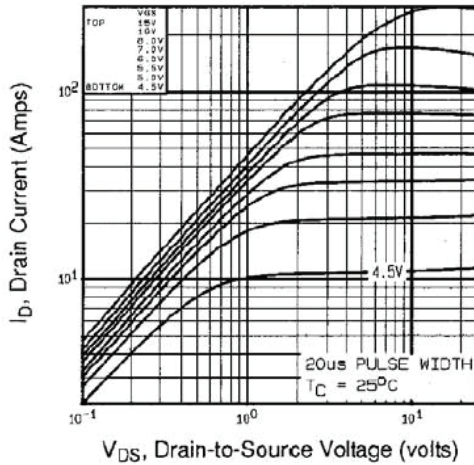


Fig. 1 Typical Output Characteristics,  $T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$

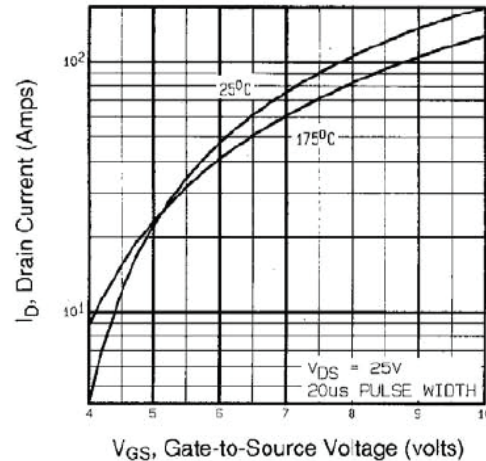


Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics

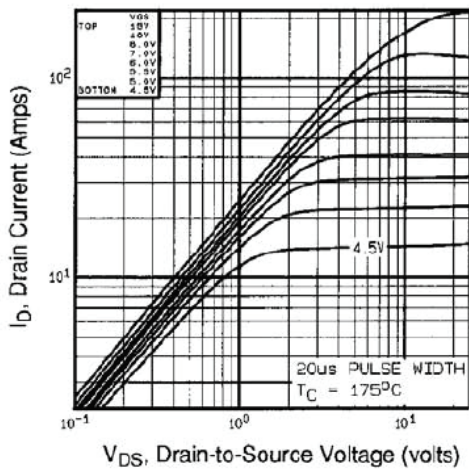


Fig. 2 - Typical Output Characteristics,  $T_C = 175\text{ }^\circ\text{C}$

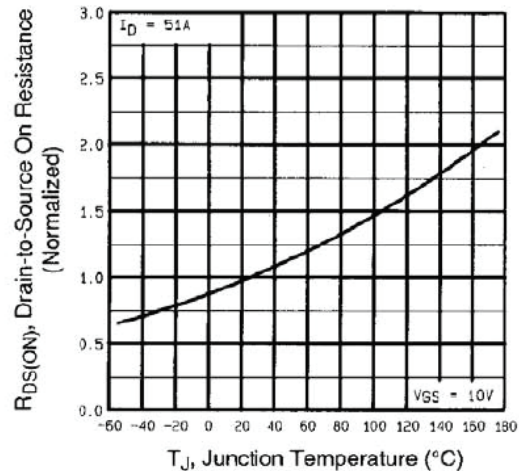


Fig. 4 - Normalized On-Resistance vs. Temperature

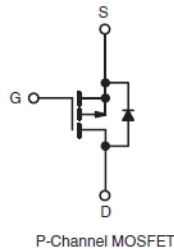
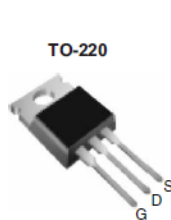


IRF9540, SiHF9540

Vishay Siliconix

## Power MOSFET

PRODUCT SUMMARY	
V <sub>DS</sub> (V)	- 100
R <sub>DS(on)</sub> (Ω)	V <sub>GS</sub> = - 10 V   0.20
Q <sub>g</sub> (Max.) (nC)	61
Q <sub>gs</sub> (nC)	14
Q <sub>gd</sub> (nC)	29
Configuration	Single



## FEATURES

- Dynamic dV/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- P-Channel
- 175 °C Operating Temperature
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements
- Lead (Pb)-free Available



Available  
RoHS\*  
COMPLIANT

## DESCRIPTION

Third generation Power MOSFETs from Vishay provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 W. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.

ORDERING INFORMATION	
Package	TO-220
Lead (Pb)-free	IRF9540PbF SiHF9540-E3
SnPb	IRF9540 SiHF9540

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS T <sub>C</sub> = 25 °C, unless otherwise noted				
PARAMETER		SYMBOL	LIMIT	UNIT
Drain-Source Voltage		V <sub>DS</sub>	- 100	V
Gate-Source Voltage		V <sub>GS</sub>	± 20	
Continuous Drain Current	V <sub>GS</sub> at - 10 V	I <sub>D</sub>	T <sub>C</sub> = 25 °C - 19	A
			T <sub>C</sub> = 100 °C - 13	
Pulsed Drain Current <sup>a</sup>		I <sub>DM</sub>	- 72	
Linear Derating Factor			1.0	W/°C
Single Pulse Avalanche Energy <sup>b</sup>		E <sub>AS</sub>	640	mJ
Repetitive Avalanche Current <sup>a</sup>		I <sub>AR</sub>	- 19	A
Repetitive Avalanche Energy <sup>a</sup>		E <sub>AR</sub>	15	mJ
Maximum Power Dissipation	T <sub>C</sub> = 25 °C	P <sub>D</sub>	150	W
Peak Diode Recovery dV/dt <sup>c</sup>		dV/dt	- 5.5	V/ns
Operating Junction and Storage Temperature Range		T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	- 55 to + 175	°C
Soldering Recommendations (Peak Temperature)	for 10 s		300 <sup>d</sup>	
Mounting Torque	6-32 or M3 screw		10	lbf · in
			1.1	N · m

## Notes

- Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).
- V<sub>DD</sub> = - 25 V, starting T<sub>J</sub> = 25 °C, L = 2.7 mH, R<sub>G</sub> = 25 Ω, I<sub>AS</sub> = - 19 A (see fig. 12).
- I<sub>SD</sub> ≤ - 19 A, di/dt ≤ 200 A/μs, V<sub>DD</sub> ≤ V<sub>DS</sub>, T<sub>J</sub> ≤ 175 °C.
- 1.6 mm from case.

\* Pb containing terminations are not RoHS compliant, exemptions may apply





## IRF9540, SiHF9540



Vishay Siliconix

THERMAL RESISTANCE RATINGS				
PARAMETER	SYMBOL	TYP.	MAX.	UNIT
Maximum Junction-to-Ambient	$R_{thJA}$	-	62	°C/W
Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	$R_{thCS}$	0.50	-	
Maximum Junction-to-Case (Drain)	$R_{thJC}$	-	1.0	

SPECIFICATIONS $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted						
PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
<b>Static</b>						
Drain-Source Breakdown Voltage	$V_{DS}$	$V_{GS} = 0\text{ V}, I_D = -250\text{ }\mu\text{A}$	-100	-	-	V
$V_{DS}$ Temperature Coefficient	$\Delta V_{DS}/T_J$	Reference to $25\text{ }^\circ\text{C}$ , $I_D = -1\text{ mA}$	-	-0.087	-	V/°C
Gate-Source Threshold Voltage	$V_{GS(th)}$	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = -250\text{ }\mu\text{A}$	-2.0	-	-4.0	V
Gate-Source Leakage	$I_{GSS}$	$V_{GS} = \pm 20\text{ V}$	-	-	$\pm 100$	nA
Zero Gate Voltage Drain Current	$I_{DSS}$	$V_{DS} = -100\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}$	-	-	-100	$\mu\text{A}$
		$V_{DS} = -80\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}, T_J = 150\text{ }^\circ\text{C}$	-	-	-500	
Drain-Source On-State Resistance	$R_{DS(on)}$	$V_{GS} = -10\text{ V}, I_D = -11\text{ A}^b$	-	-	0.20	$\Omega$
Forward Transconductance	$g_{fs}$	$V_{DS} = -50\text{ V}, I_D = -11\text{ A}^b$	6.2	-	-	S
<b>Dynamic</b>						
Input Capacitance	$C_{iss}$	$V_{GS} = 0\text{ V}, V_{DS} = -25\text{ V}, f = 1.0\text{ MHz}$ , see fig. 5	-	1400	-	pF
Output Capacitance	$C_{oss}$		-	590	-	
Reverse Transfer Capacitance	$C_{rss}$		-	140	-	
Total Gate Charge	$Q_g$	$V_{GS} = -10\text{ V}, I_D = -19\text{ A}, V_{DS} = -80\text{ V}$ , see fig. 6 and 13 <sup>b</sup>	-	-	61	nC
Gate-Source Charge	$Q_{gs}$		-	-	14	
Gate-Drain Charge	$Q_{gd}$		-	-	29	
Turn-On Delay Time	$t_{d(on)}$	$V_{DD} = -50\text{ V}, I_D = -19\text{ A}, R_G = 9.1\text{ }\Omega, R_D = 2.4\text{ }\Omega$ , see fig. 10 <sup>b</sup>	-	16	-	ns
Rise Time	$t_r$		-	73	-	
Turn-Off Delay Time	$t_{d(off)}$		-	34	-	
Fall Time	$t_f$		-	57	-	
Internal Drain Inductance	$L_D$	Between lead, 6 mm (0.25") from package and center of die contact 	-	4.5	-	nH
Internal Source Inductance	$L_S$		-	7.5	-	
<b>Drain-Source Body Diode Characteristics</b>						
Continuous Source-Drain Diode Current	$I_S$	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode 	-	-	-19	A
Pulsed Diode Forward Current <sup>a</sup>	$I_{SM}$		-	-	-72	
Body Diode Voltage	$V_{SD}$	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}, I_S = -19\text{ A}, V_{GS} = 0\text{ V}^b$	-	-	-5.0	V
Body Diode Reverse Recovery Time	$t_{rr}$	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}, I_F = -19\text{ A}, dI/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}^b$	-	130	260	ns
Body Diode Reverse Recovery Charge	$Q_{rr}$		-	0.35	0.70	$\mu\text{C}$
Forward Turn-On Time	$t_{on}$	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S$ and $L_D$ )				

**Notes**

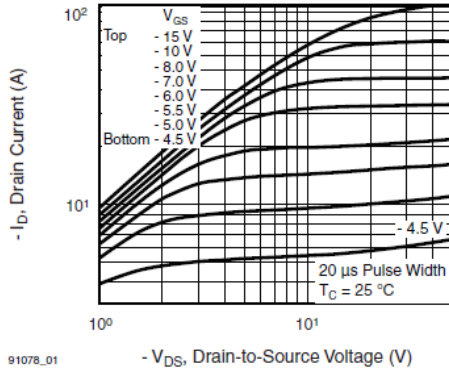
- a. Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).  
 b. Pulse width  $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .



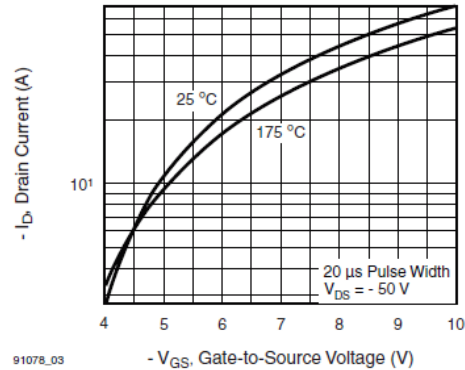
**IRF9540, SiHF9540**

Vishay Siliconix

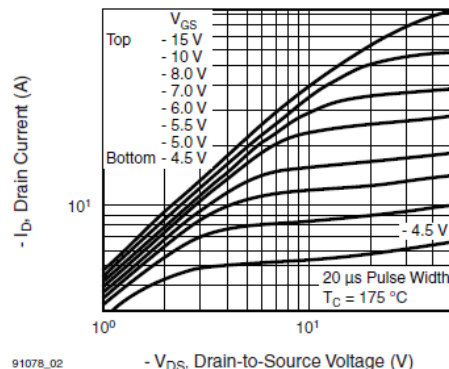
**TYPICAL CHARACTERISTICS** 25 °C, unless otherwise noted



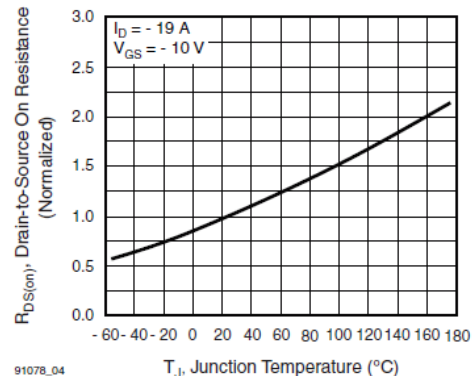
91078\_01 - **Fig. 1 - Typical Output Characteristics,  $T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$**



91078\_03 - **Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics**



91078\_02 - **Fig. 2 - Typical Output Characteristics,  $T_C = 175\text{ }^\circ\text{C}$**



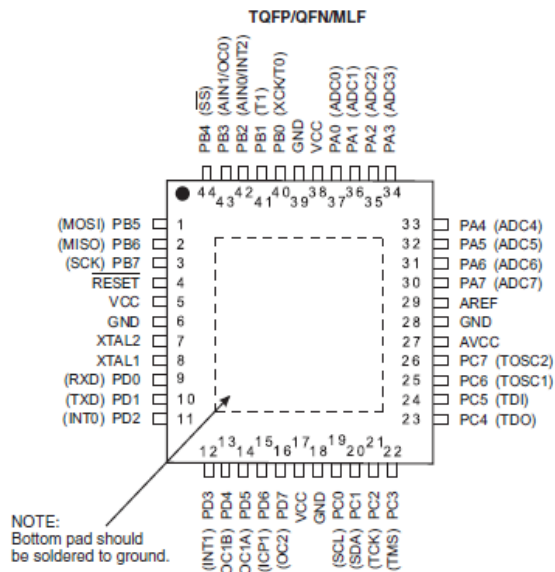
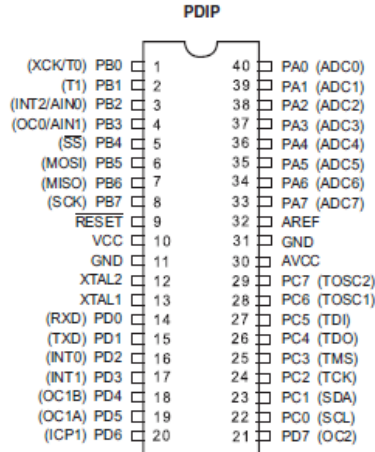
91078\_04 - **Fig. 4 - Normalized On-Resistance vs. Temperature**



## ATmega16(L)

### Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega16



### Disclaimer

Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.



# LAMPIRAN III

Program



/\*\*\*\*\*\*

This program was produced by the

CodeWizardAVR V2.05.0 Evaluation

Automatic Program Generator

© Copyright 1998-2010 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.

<http://www.hpinfotech.com>

Project :

Version :

Date : 6/15/2016

Author : Freeware, for evaluation and non-commercial use only

Company :

Comments:

Chip type : ATmega16

Program type : Application

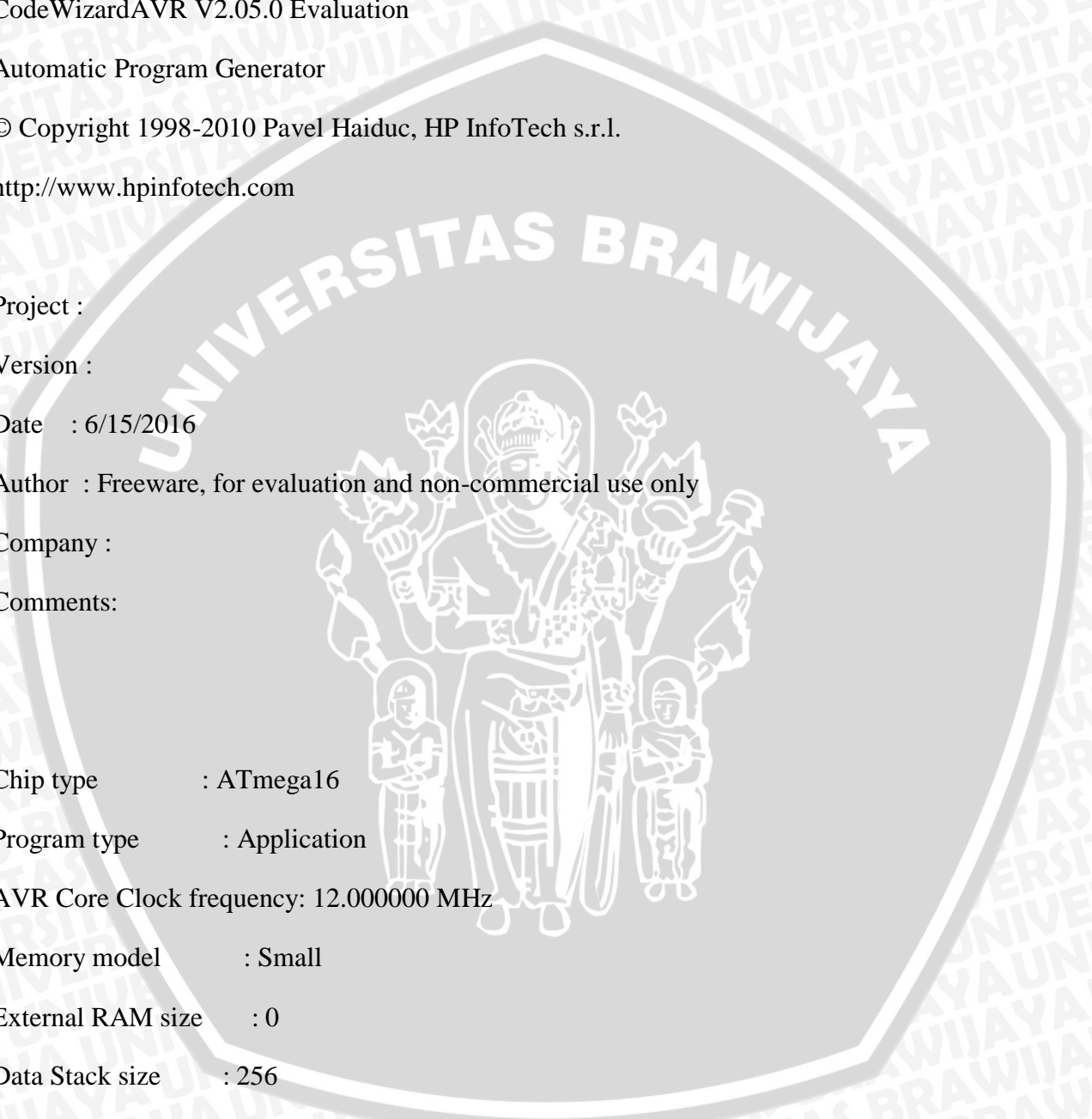
AVR Core Clock frequency: 12.000000 MHz

Memory model : Small

External RAM size : 0

Data Stack size : 256

\*\*\*\*\*/



```
#include <mega16.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>

// Alphanumeric LCD Module functions
#include <alcd.h>

unsigned int potensio;
unsigned char buff [32];

#define ADC_VREF_TYPE 0xC0

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}
```

```
// Declare your global variables here
```

```
void main(void)
```

```
{
```

```
// Declare your local variables here
```

```
// Input/Output Ports initialization
```

```
// Port A initialization
```

```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out  
Func0=Out
```

```
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
```

```
PORTA=0x00;
```

```
DDRA=0xFF;
```

```
// Port B initialization
```

```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out  
Func0=Out
```

```
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
```

```
PORTB=0x00;
```

```
DDRB=0xFF;
```

```
// Port C initialization
```

```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out  
Func0=Out
```

```
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
```

```
PORTC=0x00;
```

```
DDRC=0xFF;
```

```
// Port D initialization
```

```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out  
Func0=Out
```

```
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
```

```
PORTD=0x00;
```

```
DDRD=0xFF;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer 0 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=0xFF
```

```
// OC0 output: Disconnected
```

```
TCCR0=0x00;
```

```
TCNT0=0x00;
```

```
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: 46.875 kHz
```

```
// Mode: Fast PWM top=0x03FF
```



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



```
// OC1A output: Non-Inv.  
// OC1B output: Non-Inv.  
// Noise Canceler: Off  
// Input Capture on Falling Edge  
// Timer1 Overflow Interrupt: Off  
// Input Capture Interrupt: Off  
// Compare A Match Interrupt: Off  
// Compare B Match Interrupt: Off
```

```
TCCR1A=0xA3;  
TCCR1B=0x0C;  
TCNT1H=0x00;  
TCNT1L=0x00;  
ICR1H=0x00;  
ICR1L=0x00;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer2 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFF  
// OC2 output: Disconnected
```



```
ASSR=0x00;
```

```
TCCR2=0x00;
```

```
TCNT2=0x00;
```

```
OCR2=0x00;
```

```
// External Interrupt(s) initialization
```

```
// INT0: Off
```

```
// INT1: Off
```

```
// INT2: Off
```

```
MCUCR=0x00;
```

```
MCUCSR=0x00;
```

```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
```

```
TIMSK=0x00;
```

```
// USART initialization
```

```
// USART disabled
```

```
UCSRB=0x00;
```

```
// Analog Comparator initialization
```

```
// Analog Comparator: Off
```

```
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
```

```
ACSR=0x80;
```

```
SFIOR=0x00;
```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



```
// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 750.000 kHz
// ADC Voltage Reference: Int., cap. on AREF
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

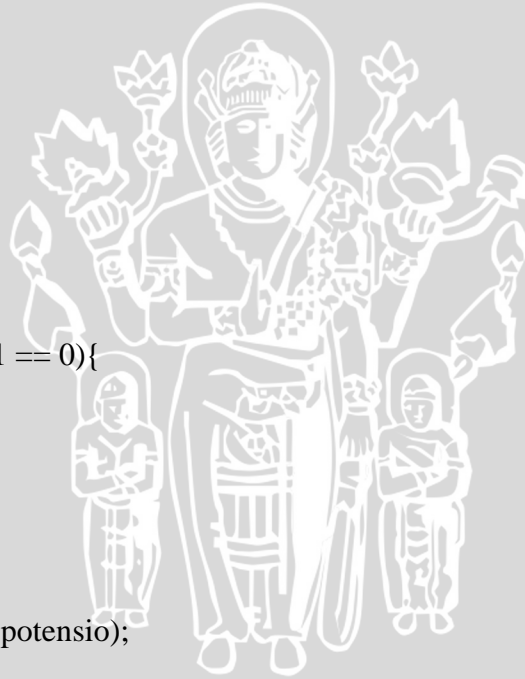
// Alphanumeric LCD initialization
// Connections specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
```



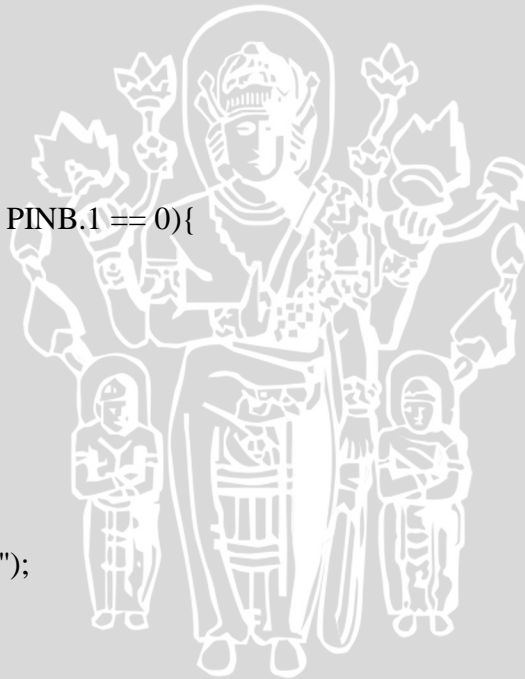
```
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf(" OKKY MAHMUDI");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf(" 0910633065");
delay_ms(10);
lcd_clear();

while (1)
{
    if (PINB.0 == 1 && PINB.1 == 0){
        lcd_clear();
        potensio = read_adc(0);
        lcd_gotoxy(0,0);
        //sprintf(buff, "ADC= %d", potensio);
        lcd_putsf("PWM=168");
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_putsf("Putar Kiri");
        OCR1A = 0;
        OCR1B = 512;
    }
}
```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



```
else if (PINB.0 == 0 && PINB.1 == 1){
  lcd_clear();
  potensio = read_adc(0);
  lcd_gotoxy(0,0);
  //sprintf(buff, "ADC= %d", potensio);
  lcd_putsf("PWM=168");
  lcd_gotoxy(0,1);
  lcd_putsf("Putar Kanan");
  OCR1A = 512;
  OCR1B = 0;
}
else if (PINB.0 == 0 && PINB.1 == 0){
  lcd_clear();
  OCR1A = 0;
  OCR1B = 0;
  lcd_gotoxy(0,0);
  lcd_putsf(" Motor Diam");
  delay_ms(10);
}
else if (PINB.0 == 1 && PINB.1 == 1){
  lcd_clear();
  OCR1A = 1;
  OCR1B = 1;
  lcd_gotoxy(0,0);
```



```
lcd_putsf("Motor Diam");  
lcd_gotoxy(0,1);  
lcd_putsf(" REM");  
delay_ms(10);  
}  
}  
}
```

