

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**REDISAIN KONTROL KECEPATAN PADA MOBIL LISTRIK**



Disusun Oleh :

**RIYAN PRATAMA**  
**ROIS PRIYANDOKO**  
**MUH. DAVID E**  
**MUAMMAR C**

Proyek Akhir ini telah disetujui untuk diajukan dihadapan Tim Penguji  
Tugas Akhir Program Studi D-III Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Pembimbing I

Pembimbing II

**Prof. Muhammad Nizam, MT, Ph.D**

**NIP.197202292000121001**

**Purwadi Joko W, ST, M.Kom**

**NIP. 197302161997021001**

*commit to user*

## HALAMAN MOTTO

- *Jangan katakan tidak bisa sebelum mencoba bila ingin mencapai kesuksesan.*
- *Jangan tunggu-tunggu kesempatan dalam kesempitan, tapi ciptakanlah kesempatan dan situasi yang menguntungkan.*
- *Jangan takut menghadapi penderitaan, sebab makin dekat cita-cita yang kita hadapi, maka makin banyak penderitaan.*
- *Kegelisahan, cemas dan bersusah hati sama jahatnya dengan penyakit kanker.*
- *Berbagilah dengan sesama karena dengan berbagi dapat mengurangi masalah yang ada .*

## PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini kami persembahkan kepada :

1. Semua keluarga yang tersayang terima kasih atas semua dukungan, do'a dan materi yang telah diberikan.
2. Teman-teman kelompok Proyek Akhir terima kasih atas semua kerja sama dan bantuannya.
3. Kekasih hati Mutiara Sarinani yang tersayang terima kasih atas semua dukungan dan do'anya.
4. Rekan-rekan mahasiswa D-III Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta angkatan 2008 terima kasih atas semua bantuannya.
5. Saudara-saudaraku, bersama kalian motifasi dan semangat selalu terjaga, canda kita bangkitkan suasana pilu menjadi jernih seperti air grojogan sewu.
6. Semua orang yang telah memberi kasih sayang, cinta, do'a dan semangat untuk penulis.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
8. Almamater Universitas Sebelas Maret Surakarta.

## ABSTRAK

**Riyan Pratama, 2011, REDISAIN KONTROL KECEPATAN PADA MOBIL LISTRIK**

Program Studi Diploma III Teknik Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Teknologi kendaraan listrik batere dipercaya akan dengan cepat berkembang dan mendominasi sebagai pengganti era transportasi mesin bakar, ini dikarenakan teknologi kendaraan listrik baterai memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan teknologi alternatif lainnya.

Pertama, penggunaan transportasi listrik akan memberikan efisiensi rata rata dua kali lipat lebih efisien daripada penggunaan transportasi berbasis mesin bakar. Kedua, sumber energi transportasi listrik jauh lebih *flexible* dibandingkan dengan teknologi mesin bakar. Ketiga, penggunaan transportasi listrik akan mengembalikan kualitas udara dalam kota karena kendaraan listrik tidak mengeluarkan gas sisa pembakaran.

Proyek akhir ini bertujuan adalah merancang dan mengaplikasikan kontrol kecepatan motor listrik yang dapat bekerja dengan baik dan ekonomis. Metode dalam perancangan mesin ini adalah studi pustaka, pengamatan dan Pembuatan alat pengatur kecepatan motor mobil listrik. Dari perancangan yang dilakukan, dihasilkan suatu kontrol kecepatan motor mobil listrik, dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Sumber tegangan yang digunakan 3 buah baterai 36v 100 Ah.
- Motor listrik yang digunakan memiliki daya 3 hp dan putaran 2300 rpm.
- Kontrol kecepatan yang digunakan menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*).
- Total biaya untuk pembuatan 1 unit kontrol kecepatan adalah Rp 1.676.500,00

*commit to user*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan hidayah-Nya. Sehingga laporan Proyek Akhir dengan judul REDISAIN KONTROL KECEPATA PADA MOBIL LISTRIK ini dapat terselesaikan dengan baik tanpa halangan suatu apapun. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam mata kuliah Tugas Akhir dan merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa DIII Teknik Mesin Otomotif Universitas Sebelas Maret Surakarta dalam memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md)

Dalam penulisan laporan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih atas bantuan semua pihak, sehingga laporan ini dapat disusun. Dengan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Bapak dan Ibu di rumah atas segala bentuk dukungan dan doanya.
3. Bapak Heru Sukanto, S.T., M.T., selaku Ketua Program D-III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Bapak Prof. Muhammad Nizam, Ph. D., selaku pembimbing I Proyek Akhir.
5. Bapak Purwadi Joko W, ST, M.Kom., selaku pembimbing II Proyek Akhir.
6. Bapak Jaka Sulistya Budi, S.T., selaku koordinator Proyek Akhir.
7. Bapak Dimyadi terima kasih atas bimbingan dan bantuannya selama proses pembuatan Proyek Akhir ini. Maaf telah membuat pusing dan mengganggu tugas-tugas deadline Bapak.
8. Semua Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
9. Teman-teman seangkatanku, D III Produksi dan Otomotif 2008 terima kasih atas kekompakannya dan canda tawanya.
10. *Mas* Solikin, *Mas* Mamad, dan *Lek* Yan selaku laboran Motor Bakar terima kasih atas bimbingan dan bantuannya.

*commit to user*

11. Teman – teman dikost terima kasih canda tawanya.
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu – persatu yang telah membantu dalam penyusunan laporan proyek akhir ini.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik, pendapat dan saran yang membangun dari pembaca sangat dinantikan. Semoga laporan ini dapat bermafaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca bagi pada umumnya, Amin.



Surakarta, Juli 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRAKSI .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR NOTASI .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Proyek Akhir .....	3
1.4. Manfaat Proyek Akhir .....	3
1.5. Kerangka Pemikiran .....	4
1.6. Metode Pemecahan Masalah .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1. Pengertian Motor DC .....	5
2.2. Pengertian Kontrol Kecepatan Motor DC .....	8
2.3. Mengontrol Kecepatan Motor .....	9
2.3.1 PWM ( <i>Pulse Width Modulation</i> ) .....	9
2.4. Mengontrol arah putar .....	11
2.4.1 Menggunakan Saklar Mekanik .....	11
2.4.2 Menggunakan Transistor dengan susunan <i>H-bridge</i> .....	11

2.5.	Mengatur Arah Putar Sekaligus Kecepatan Putar.....	15
2.6.	Teori Dasar Elektronika.....	15
2.7.	Transistor .....	15
2.7.1.	Fungsi Transistor.....	17
2.7.2.	Cara Kerja Transistor .....	17
2.8.	Resistor .....	18
2.8.1.	Karakteristik Resistor .....	19
2.8.2.	Pertimbangan untuk memilih Resistor.....	19
2.9.	Dioda.....	20
2.9.1.	Fungsi Dioda.....	20
2.9.2.	Prinsip Kerja Dioda.....	20
2.9.3.	<i>Forward</i> bias dan <i>reverse</i> bias .....	23
2.9.4.	Jenis Dioda.....	24
2.10.	IC ( <i>INTEGRATED CIRCUIT</i> ).....	24
2.10.1.	Fungsi IC ( <i>Integrated Circuit</i> ).....	24
2.10.2.	Prinsip Kerja IC NE 555.....	24
2.11.	Kapasitor.....	27
2.11.1.	Fungsi Kapasitor.....	27
2.11.2.	Macam-macam Kapasitor.....	27
2.11.3.	Prinsip Kerja.....	28
<b>BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN KONTROL KECEPATAN .....</b>		<b>29</b>
3.1.	Perencanaan Sistem.....	29
3.2.	Perancangan Rangkaian Kontrol kecepatan .....	29
3.2.1	Rangkaian Pada Pedal Gas .....	30
3.2.2	Rangkaian <i>PWM (Pulse Width Modulation)</i> .....	32
3.2.3	Rangkaian MOSFET Sebagai <i>Switching</i> Tegangan ( <i>Driver</i> ) .....	35
3.2.4.	Rangkaian Saklar Mekanis Maju Mundur ( SM3 )...	39

3.3. Membuat desain PCB ( <i>Printed Circuit Board</i> ) untuk rangkaian kontrol kecepatan .....	40
3.4. Membuat jalur PCB pada rangkaian untuk rangkaian kontrol kecepatan .....	40
3.5. Gambar Langkah Pembuatan PWM .....	43
3.6. Sistem Operasi Kontrol .....	44
3.7. Perencanaan Layout Tata Letak Rangkaian Kontrol Pada Mobil .....	45
3.8.1. Perakitan.....	45
3.8.2. Perakitan Perangkat Kontrol Kecepatan dan Motor ...	47
BAB IV HASIL PERCOBAAN .....	48
4.1. Pengujian Mobil Listrik .....	48
4.1.1 Analisa Titik Berat Mobil .....	48
4.1.2 Pengujian Mobil Listrik .....	49
4.1.3 Mengetahui Daya Tahan Baterai.....	51
4.2. Pengujian Sinyal Sistem.....	53
4.2.1 Mencari nilai Frekuensi <i>PWM</i> ( <i>Pulse Width Modulation</i> ).....	53
4.2.2. Perhitungan tegangan yang digunakan.....	54
4.2.3 Perhitungan (%) Prosentase Lebar Pulsa Minimum .	55
4.2.4 Perhitungan (%) Prosentase Lebar Pulsa Maksimal .	55
4.3. Analisa Biaya .....	56
BAB V PENUTUP .....	60
5.1. Kesimpulan .....	60
5.2. Saran .....	60
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Stator motor DC dan medan magnet .....	5
Gambar 2.2	Fisik motor DC .....	6
Gambar 2.3	Penampang komutator .....	6
Gambar 2.4	Pemegang sikat arang .....	7
Gambar 2.5	Karakteristik M vs n motor DC seri .....	8
Gambar 2.6	Sinyal PWM .....	10
Gambar 2.7	Sinyal PWM .....	10
Gambar 2.8	Sinyal PWM .....	11
Gambar 2.9	Skema pengaturan arah putaran dengan saklar mekanik .....	11
Gambar 2.10	Skema pengaturan arah putaran dengan transistor MOSFET .....	12
Gambar 2.11	Skema arah putaran maju dengan transistor .....	13
Gambar 2.12	Skema pengaturan motor berjalan maju dengan MOSFET .....	13
Gambar 2.13	Skema pengaturan motor berjalan mundur dengan MOSFET.....	14
Gambar 2.14	Pengatur arah putar sekaligus kecepatan putar.....	14
Gambar 2.15	Simbol transistor bipolar.....	16
Gambar 2.16	Simbol dan bentuk fisik resistor tetap.....	18
Gambar 2.17	<i>Simbol dan struktur diode.....</i>	<i>20</i>
Gambar 2.18	<i>Dioda dengan bias maju.....</i>	<i>21</i>
Gambar 2.19	<i>Dioda dengan bias negatif.....</i>	<i>21</i>
Gambar 2.20	<i>Grafik arus dioda.....</i>	<i>22</i>
Gambar 2.21	<i>Simbol Zener.....</i>	<i>22</i>
Gambar 2.22	<i>Simbol LED.....</i>	<i>23</i>
Gambar 2.23	IC NE555.....	25
Gambar 2.24	Prinsip dasar kapasitor.....	28

Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem.....	29
Gambar 3.2.	Mekanisme pedal gas tampak samping.....	30
Gambar 3.3	Mekanisme pedal gas tampak bawah.....	31
Gambar 3.4	Mekanisme pada potensio geser (gambar tampak atas).....	32
Gambar 3.5	Mekanisme pada pedal rem.....	32
Gambar 3.6	Rangkaian PWM.....	34
Gambar 3.7	Rangkaian MOSFET.....	35
Gambar 3.8.	Rangkaian PWM dan MOSFET.....	37
Gambar 3.9	Pengaturan posisi maju dan posisi mundur serta netral dengan Menggunakan SM3 ( Saklar Mekanis Maju Mundur ).....	39
Gambar 3.10	Layout Rangkaian PWM.....	41
Gambar 3.11	Layout Rangkaia PWM.....	41
Gambar 3.12	Layout rangkaian <i>driver</i> .....	42
Gambar 3.13	Jalur PCB <i>driver</i> .....	42
Gambar 3.14	Gambar Kontruksi rangkaian PWM.....	43
Gambar 3.15	Letak komponen rangkaian kontrol kecepatan.....	45

*commit to user*

Gambar 3.16 Skema perakitan pada mobil..... 46

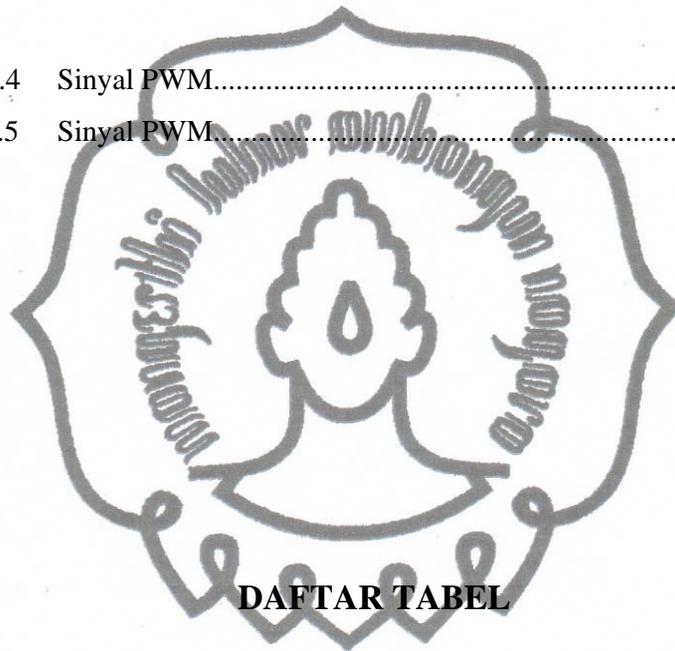
Gambar 4.1 Titik berat mobil.....  
48

Gambar 4.2 Sinyal PWM pada keadaan minimal speed.....  
53

Gambar 4.3 Sinyal PWM.....  
54

Gambar 4.4 Sinyal PWM..... 55

Gambar 4.5 Sinyal PWM.....  
55



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Kode Warna Resistor.....  
19

Tabel 4.6.1 Biaya Komponen.....  
64



## DAFTAR NOTASI

- $T_{on}$  = waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi  
 $T_{off}$  = waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah  
 $D$  = Daur aktif *duty cycle*  
 $V_{out}$  = Tegangan keluar (V)  
 $V_{in}$  = Tegangan masukan (V)



## DAFTAR PUSTAKA

Thomas D.Gillespie, *Fundamental of Vehicle Dynamic*, Society of Automotive Engineers, Inc, New York, 1994.

Freedman and Young, *Fisika Universitas*, Edisi Kesepuluh, Jilid I, Erlangga, Jakarta, 2002.

William H. Hyt, Jr., Steven M.Durbin and Jace Kmerlly., *Rangkaian Listrik*, Edisi Keenam, Jilid II, Erlangga, Jakarta 1999.

Malvino Barwawi, *Prinsip –Prinsip Elektronika*, Edisi Ketiga, Jilid II, Erlangga, Jakarta, 1985.

*commit to user*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Saat ini pemerintah sedang gencar dalam mengembangkan kendaraan listrik sebagai pengganti transportasi mesin bakar. Hal ini disebabkan karena subsidi BBM untuk kendaraan semakin lama semakin membengkak, akan tetapi belum banyak perusahaan otomotif di Indonesia yang membuat dan mengembangkan sarana transportasi mobil listrik sebagai pengganti transportasi mesin bakar.

Kendaraan listrik memiliki efisiensi energi yang paling tinggi dibandingkan dengan kendaraan mesin bakar konvensional. Pada mesin bakar 85% lebih dari energi yang dihasilkan terbuang menjadi panas, gerak dan gesekan komponen. Hanya sekitar 15% yang dapat dikonversikan menjadi energi kinetik penggerak kendaraan. Sedangkan pada kendaraan listrik justru terjadi kebalikannya dimana sekitar 88% energi yang dipakai dikonversikan menjadi energi kinetik penggerak kendaraan (*Wikipedia Indonesia, 2010*). Sehingga untuk menggerakkan sebuah kendaraan dengan bobot yang sama, kendaraan listrik memerlukan energi yang jauh lebih sedikit dan juga tidak mengeluarkan polusi kendaraan sama sekali.

Teknologi kendaraan listrik baterai dipercaya akan dengan cepat berkembang dan mendominasi sebagai pengganti era transportasi mesin bakar, hal ini dikarenakan teknologi kendaraan listrik batterai memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan teknologi alternatif lainnya.

Pertama, penggunaan transportasi listrik akan memberikan efisiensi rata rata dua kali lipat lebih efisien daripada penggunaan transportasi berbasis mesin bakar.

Kedua, sumber energi transportasi listrik jauh lebih *flexible* dibandingkan dengan teknologi mesin bakar. Sumber energi bisa didapatkan dari sumber berbasis fosil seperti batubara, minyak bumi dan gas ataupun sumber energi terbarukan seperti tenaga air, angin, surya, *biofuel*, sampah, panas bumi dan lain lain tanpa harus merubah teknologi pada kendaraan. *Flexibilitas* ini dapat meningkatkan ketahanan energi nasional dengan melepaskan ketergantungan akan satu sumber energi dan beralih pada sumber energi yang lain pada saat dibutuhkan (*Wikipedia Indonesia, 2010*).

Ketiga, penggunaan transportasi listrik akan mengembalikan kualitas udara dalam kota karena kendaraan listrik tidak mengeluarkan gas sisa pembakaran. Jika energi listrik yang dipakai didapat dari sumber yang berkesinambungan yang tanpa emisi dalam prosesnya, maka terjadilah mobilitas yang 100% berkelanjutan dari segi energi dan lingkungan. Jika pada tahap awal energi listrik yang digunakan masih didapatkan dari proses konversi energi fosil maka akan tetap terbentuk polusi, akan tetapi polusi tersebut akan jauh lebih kecil, jauh dari kepadatan penduduk dan lebih mudah dikendalikan ([www.motorplus-online.com](http://www.motorplus-online.com), 2009).

Selain dari kelebihan mobil listrik diatas, juga terdapat kelemahan yang sangat mendasar dalam perkembangan mobil listrik yaitu daya penyimpanan energi listrik yang masih rendah. Karena itu dibutuhkan baterai dengan energi besar sehingga dapat digunakan dalam waktu yang relatif lama dan pengisian baterai yang singkat. Aspek lain yang juga sangat menentukan adalah bobot kendaraan. Agar efisiensi pengoperasian mobil listrik tinggi, dibutuhkan bobot yang sesuai.

Didalam membuat mobil listrik dibutuhkan komponen-komponen, salah satunya adalah kontrol kecepatan motor listrik pada mobil listrik. Kontrol kecepatan adalah suatu alat yang berfungsi sebagai kontrol untuk mengatur kecepatan motor pada saat motor dialiri arus sehingga motor dapat bergerak. Pembuatan kontrol kecepatan motor pada mobil listrik ini didasarkan pengamatan sistem kontrol kecepatan yang terdapat pada sepeda motor listrik.

Oleh karena itu perlu dirancang sebuah sistem kontrol kecepatan motor listrik yang *universal*, dimana kontrol kecepatan tersebut dapat digunakan dan diaplikasikan untuk kontrol kecepatan mobil listrik.

Sebuah alat kontrol kecepatan diperlukan untuk menjalankan mobil listrik dan mengatur putaran mesin. Kontrol kecepatan pada mobil listrik terdiri dari 3 bagian, yaitu *power*, kontrol, dan pembalik putaran motor. Ketiga bagian ini saling berkaitan, dimana kontrol digerakkan dengan memakai pedal gas. Kemudian kontrol mengirimkan sinyal ke *power* yang kemudian memutar motor, sehingga mobil dapat berjalan. Sedangkan pembalik putaran hanya dipakai untuk membalik putaran motor agar mobil dapat berjalan mundur.

## 1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahannya adalah bagaimana merancang dan mengaplikasikan kontrol kecepatan motor listrik yang dapat bekerja dengan baik pada mobil listrik.

## 1.3. Tujuan Proyek Akhir

Tujuan dari proyek akhir ini adalah merancang dan mengaplikasikan kontrol kecepatan motor listrik yang dapat bekerja dengan baik dan ekonomis.

## 1.4. Manfaat Proyek Akhir

Proyek akhir ini mempunyai manfaat sebagai berikut :

### 1. Secara Teoritis

Mahasiswa dapat memperoleh pengetahuan dan pengalaman dalam merancang serta pembuatan peralatan sistem kontrol kecepatan motor listrik yang baru maupun memodifikasi dari peralatan yang sudah ada.

### 2. Secara Praktis

Mahasiswa mampu menerapkan ilmu pendidikan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan dan mahasiswa mampu melatih ketrampilan dalam bidang perancangan, sistem elektronika, serta permesinan.

### 1.5. Kerangka Pemikiran

Langkah-langkah dalam pembuatan alat sistem kontrol kecepatan motor listrik.

- Tahap I : Mulai
- Tahap II : Membuat proposal
- Tahap III : Konsultasi
- Tahap IV : Mencari data
- Tahap V : Membuat gambar sket sistem kontrol kecepatan motor listrik
- Tahap VI : Membuat analisis perhitungan dan biaya
- Tahap VII : Membuat kontrol kecepatan
- Tahap VIII : Membuat sistem kontrol kecepatan
- Tahap IX : Pengujian alat
- Tahap X : Membuat laporan

### 1.6. Metode Pemecahan Masalah

Dalam penyusunan laporan ini penulis menggunakan beberapa metode antara lain :

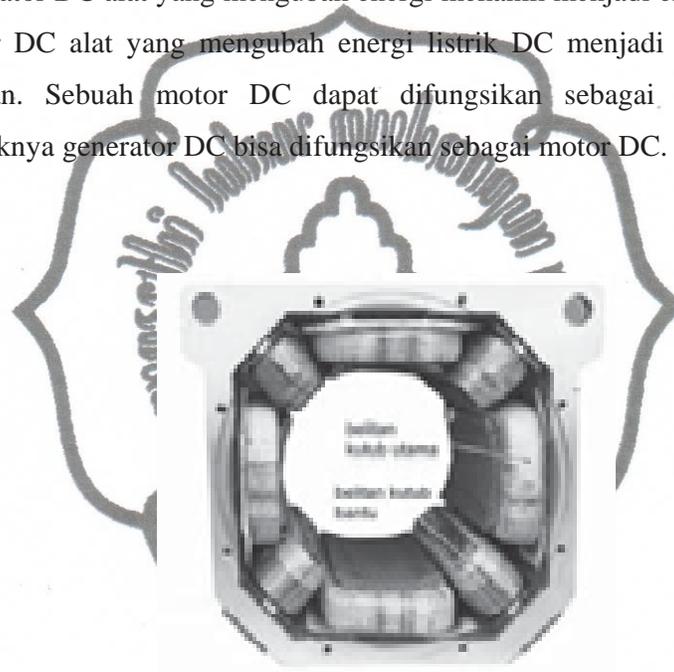
1. Studi pustaka.  
Yaitu data diperoleh dengan merujuk pada beberapa literatur sesuai dengan permasalahan yang dibahas.
2. Pengamatan (investigasi).  
Yaitu dengan melakukan beberapa kali percobaan/pembuatan langsung untuk mendapatkan kontrol kecepatan motor pada mobil listrik dengan spesifikasi yang dikehendaki.
3. Pembuatan alat pengatur kecepatan motor mobil listrik.

## BAB II

### DASAR TEORI

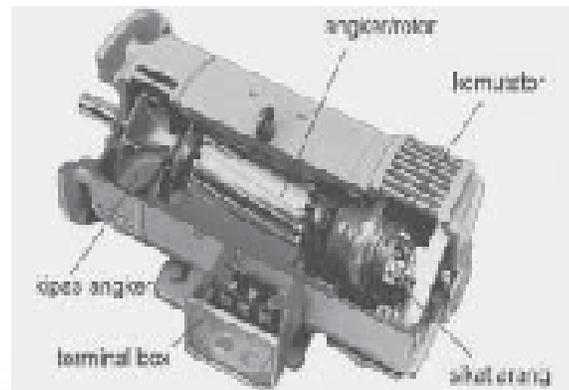
#### 2.1 Pengertian Motor DC

Mesin arus searah dapat berupa generator DC atau motor DC. Generator DC alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik DC. Motor DC alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik putaran. Sebuah motor DC dapat difungsikan sebagai generator, atau sebaliknya generator DC bisa difungsikan sebagai motor DC.



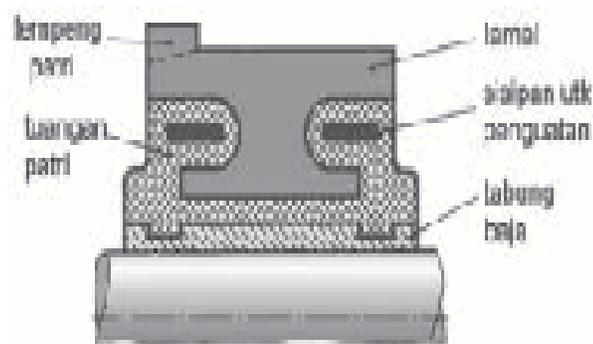
Gambar 2.1 Stator motor DC dan medan magnet

Secara fisik mesin DC tampak jelas ketika rumah motor atau disebut stator dibongkar terdapat kutub-kutub magnet bentuknya menonjol Gambar 2.1. Mesin DC yang sudah dipotong akan tampak beberapa komponen yang mudah dikenali. Bagian yang berputar dan berbentuk belitan kawat dan ditopang poros disebut sebagai rotor atau jangkar.



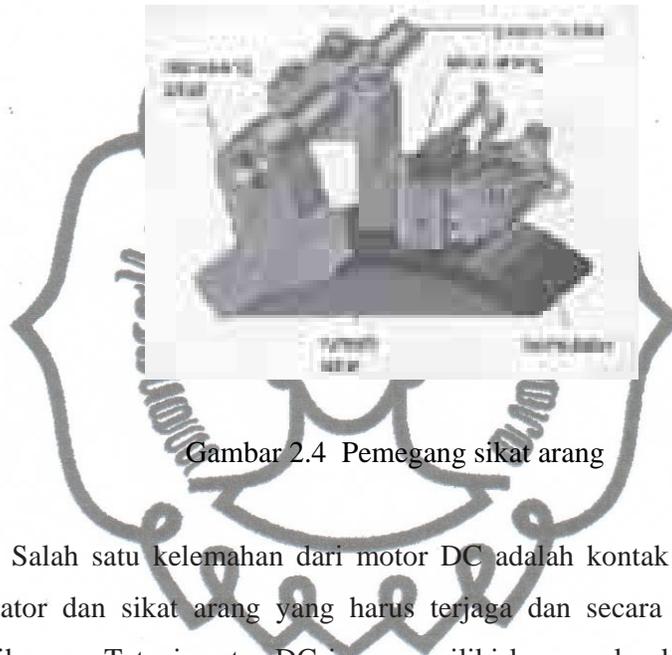
Gambar 2.2 Fisik motor DC

Bagian rotor mesin DC salah satu ujungnya terdapat komutator yang merupakan kumpulan segmen tembaga yang tiap-tiap ujungnya disambungkan dengan ujung belitan rotor (Gambar 2.3). Komutator merupakan bagian yang sering dirawat dan dibersihkan karena bagian ini bersinggungan dengan sikat arang untuk memasukkan arus dari jala-jala ke rotor.



Gambar 2.3 Penampang komutator

Sikat arang (*carbon brush*) dipegang oleh pemegang sikat (*brush holder*) Gambar 2.4 agar kedudukan sikat arang stabil. Pegas akan menekan sikat arang sehingga hubungan sikat arang dengan komutator tidak goyah. Sikat arang akan memendek karena usia pemakaian dan secara periodik harus diganti dengan sikat arang baru.

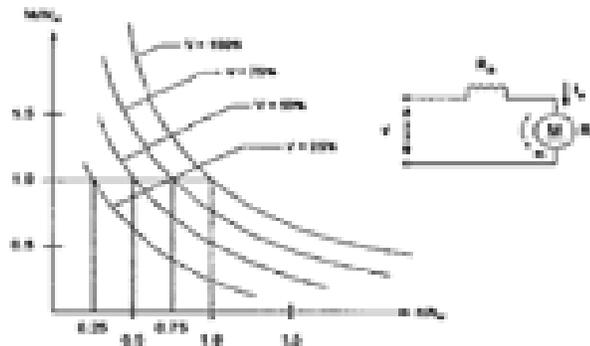


Gambar 2.4 Pemegang sikat arang

Salah satu kelemahan dari motor DC adalah kontak mekanis antara komutator dan sikat arang yang harus terjaga dan secara rutin dilakukan pemeliharaan. Tetapi motor DC juga memiliki keunggulan khususnya untuk mendapatkan pengaturan kecepatan yang stabil dan halus.

Motor penggerak yang digunakan adalah jenis Motor DC seri 36V/3HP yang mempunyai karakteristik traksi yang cocok untuk operasi mobil listrik serba guna (*multi purpose light electric vehicle*), dimana dibutuhkan momen gaya awal yang sangat besar untuk mengatasi kelembaman massa mobil dan kemudian momen gaya tersebut akan menurun dengan bertambahnya kecepatan.

Pada gambar 2.5 terlihat bahwa motor traksi DC seri mampu menghasilkan momen/torsi ( $M$ ) yang sangat besar pada saat start ( $n=0$ ) dan kemudian menurun berbanding terbalik dengan naiknya kecepatan putaran motor ( $n$ ) menuju ke kecepatan nominalnya ( $N$ )



Gambar 2.5 Karakteristik M vs n motor DC seri

Pengaturan tegangan input motor ( $V$ ) akan menggeser kurva M-n ke kiri ( $V <$ ) atau ke kanan ( $V >$ ) sesuai dengan kebutuhan momen beban. Dengan pengaturan besar  $V$  di sepanjang pengoperasian motor, akan diperoleh kurva gabungan yang merefleksikan kurva kerja beban nominal ( $M_N$ ), dimana mobil akan menerima momen yang relatif konstan ( $M_N$ ) dari start sampai pada kecepatan nominalnya.

(<http://elib.pdii.lipi.go.id/katalog/index.php/searchkatalog/downloadDataById/5220/5221.pdf>)

## 2.2 Pengertian kontrol kecepatan motor DC

Kecepatan motor DC berbanding lurus dengan tegangan sumber, jadi jika kita mengurangi pasokan tegangan dari 12 Volt ke 6 Volt, motor akan berjalan pada setengah kecepatan. Pengendali kecepatan bekerja dengan memvariasikan tegangan rata-rata yang dikirim ke motor. Dapat terjadi dengan hanya menyesuaikan tegangan dikirim ke motor, tetapi ini sangat tidak efisien jika dilakukan. Cara yang lebih baik adalah dengan mengalihkan pasokan motor dan turun dengan sangat cepat. Jika *switching* cukup cepat, motor tidak merespon itu, hal tersebut hanya memberikan pasokan efek rata-rata.

*commit to user*

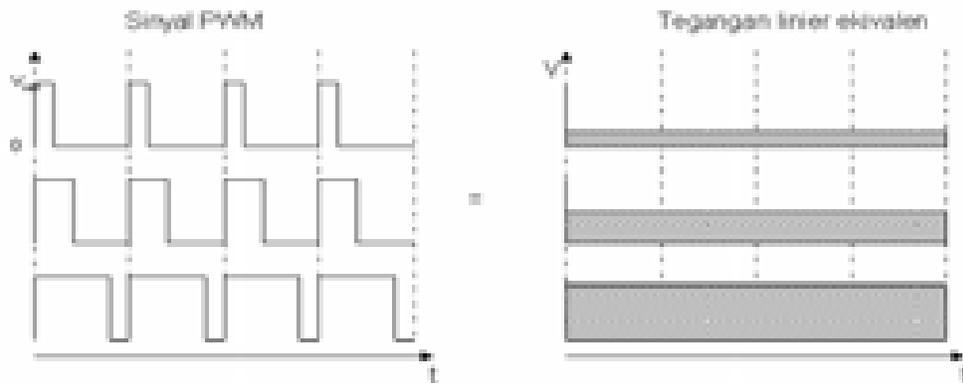
Bila saklar dibuka, motor menangkap 12 Volt, dan ketika ditutup memiliki tegangan 0 Volt. Jika saklar ini terbuka untuk jumlah waktu yang sama seperti yang tertutup, motor akan menangkap rata-rata 6 Volt, dan akan berjalan lebih lambat dengan kecepatan tetap.

Oleh karena itu diperlukan sebuah alat yang digunakan untuk menyambung dan memutus sumber tegangan yang akan dikirim ke motor secara periodik dan bervariasi. Keluaran tegangan merupakan suatu pulsa – pulsa tegangan atau arus yang berbentuk gelombang kotak. Gelombang tersebut dibuat oleh sebuah IC. IC juga didukung oleh komponen lainnya untuk penyempurnaan gelombang kotak yang dihasilkan. Rangkaian inilah yang disebut dengan *Pulse Width Modulation* (PWM).

## 2.3 Mengontrol Kecepatan Motor

### 2.3.1 Menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*)

Salah satu cara untuk mengirimkan informasi analog adalah dengan menggunakan pulsa-pulsa tegangan atau pulsa-pulsa arus. Dengan modulasi pulsa, pembawa informasi terdiri dari pulsa-pulsa persegi yang berulang-ulang. Salah satu teknik modulasi pulsa yang digunakan adalah teknik modulasi durasi atau lebar dari waktu tunda positif ataupun waktu tunda negatif pulsa-pulsa persegi tersebut. Metode tersebut dikenal dengan nama *Pulse Width Modulation* (PWM). Metode PWM dikenal juga dengan nama *Pulse Duration Modulation* (PDM) atau *Pulse Length Modulation* (PLM). Untuk membangkitkan sinyal PWM, digunakan komparator untuk membandingkan dua buah masukan yaitu generator sinyal dan sinyal referensi. Hasil keluaran dari komparator adalah sinyal PWM yang berupa pulsa-pulsa persegi yang berulang-ulang. Durasi atau lebar pulsa dapat dimodulasi dengan cara mengubah sinyal referensi.

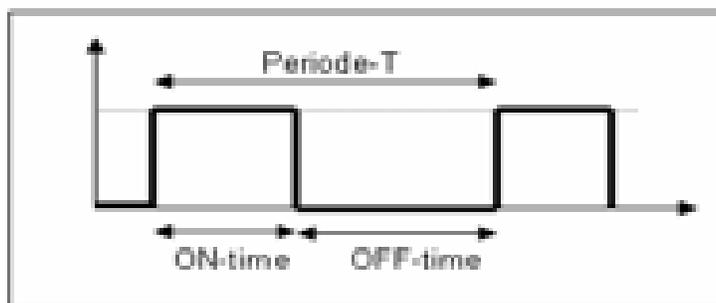


Gambar 2.6 Sinyal PWM

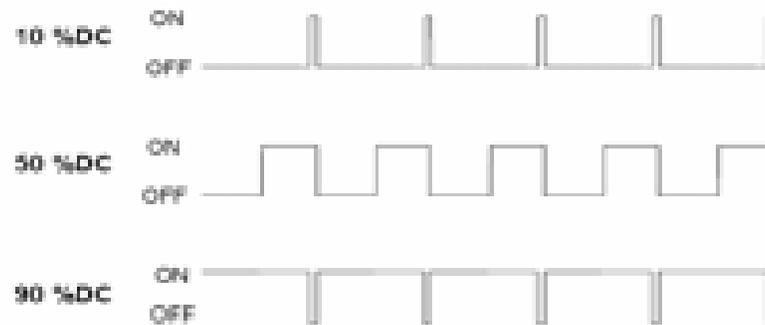
Metode PWM digunakan untuk mengatur kecepatan motor, informasi yang dibawa oleh pulsa-pulsa persegi merupakan tegangan rata-rata. Semakin lebar durasi waktu tunda positif pulsa dari sinyal PWM yang dihasilkan, maka putaran motor akan semakin cepat, demikian juga sebaliknya.

PWM pada dasarnya adalah menyalakan (ON) dan mematikan (OFF) motor DC dengan cepat. Kuncinya adalah mengatur berapa lama waktu ON dan OFF.

Rasio waktu ON terhadap waktu total (waktu total = ON + OFF). *Duty Cycle* umumnya dinyatakan dalam persen (%).



Gambar 2.7 Sinyal PWM

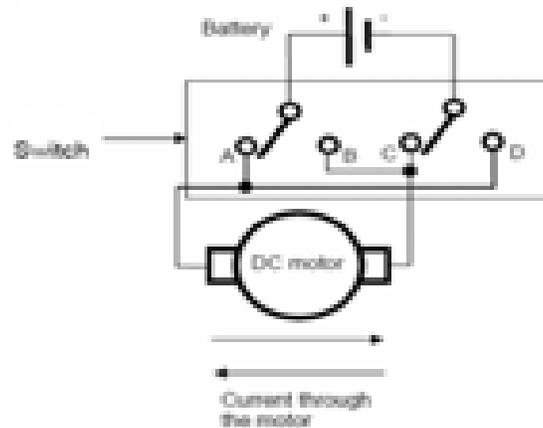


Gambar 2.8 Sinyal PWM

## 2.4 Mengontrol arah putar Motor

### 2.4.1 Menggunakan saklar mekanik

Menggunakan saklar manual untuk mengubah arah arus yang masuk ke motor DC adalah sebuah saklar mekanik sangat mudah tetapi lambat, dan sulit atau tidak mungkin dihubungkan dengan sebuah kontroler.



Gambar 2.9 Skema pengaturan arah putaran dengan saklar mekanik

### 2.4.2 Menggunakan Transistor Mosfet dengan susunan H-bridge

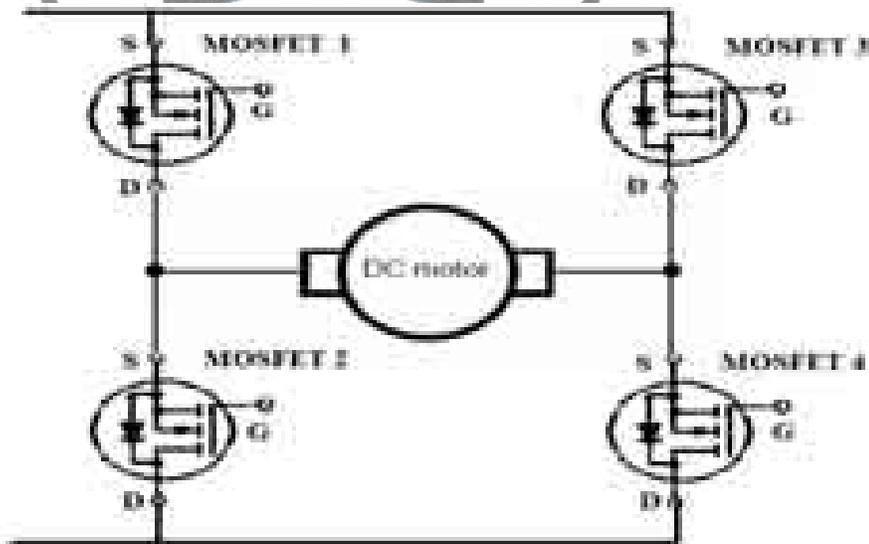
Mosfet adalah komponen elektronik solid state, yang jika diaplikasikan sebagai power switching device, mempunyai keunggulan dalam hal frekuensi switching yang tinggi dan kerugian switching yang rendah. Dan

*commit to user*

mosfet dapat dioperasikan secara paralel karena mempunyai karakteristik resistif internal pada saat ON-stage. Hal ini sangat menguntungkan karena dengan memparalel mosfet, kerugian drop pada mosfet akan turun  $1/n^2$  per mosfet ( $n$  = jumlah mosfet paralel). Teknik paralel mosfet ini juga memungkinkan penggunaan mosfet daya rendah yang diparalel dalam jumlah banyak dengan harga total jauh lebih murah dibandingkan dengan IGBT atau mosfet tunggal daya tinggi.

(<http://elib.pdii.lipi.go.id/katalog/index.php/searchkatalog/downloadDataById/5220/5221.pdf>)

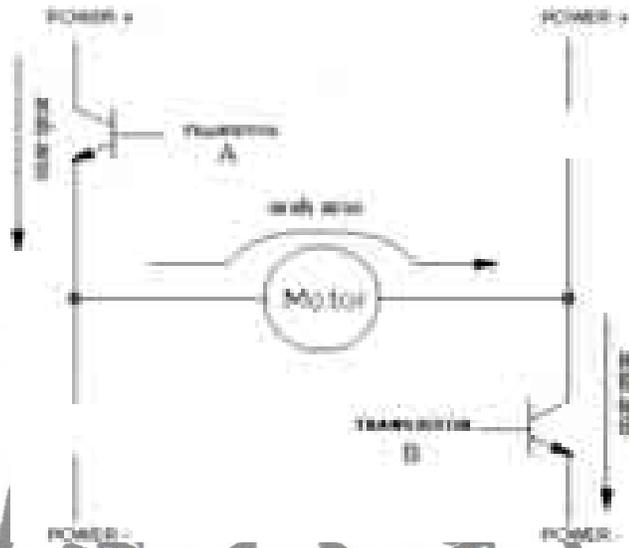
Transistor daya menggantikan fungsi saklar manual, transistor disusun disekitar motor DC sehingga pada skematik membentuk huruf-H, dengan demikian hindari (Mosfet 1 dan Mosfet 3) atau (Mosfet 4 dan Mosfet 2) (pada gambar) menyala bersamaan karena dapat menyebabkan transistor bocor.



Gambar 2.10 Skema pengaturan arah putaran dengan transistor MOSFET

Berikut adalah skematis dari jalannya arus melalui transistor ketika motor berputar maju.

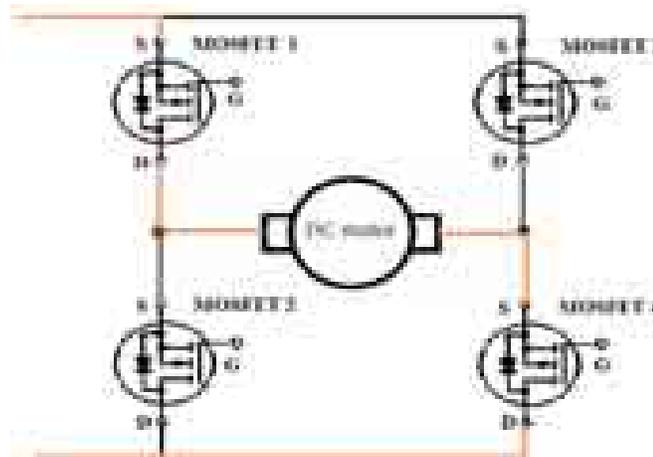
*commit to user*



Gambar 2.11 Skema arah putaran maju dengan transistor

Rangkaian jembatan lengkap ditampilkan dalam diagram. Masing-masing sisi motor dapat dihubungkan dengan baterai positif maupun negatif. Hanya salah satu block MOSFET pada sisi motor yang harus dihidupkan. Jika dihidupkan bersamaan, maka akan terbakar.

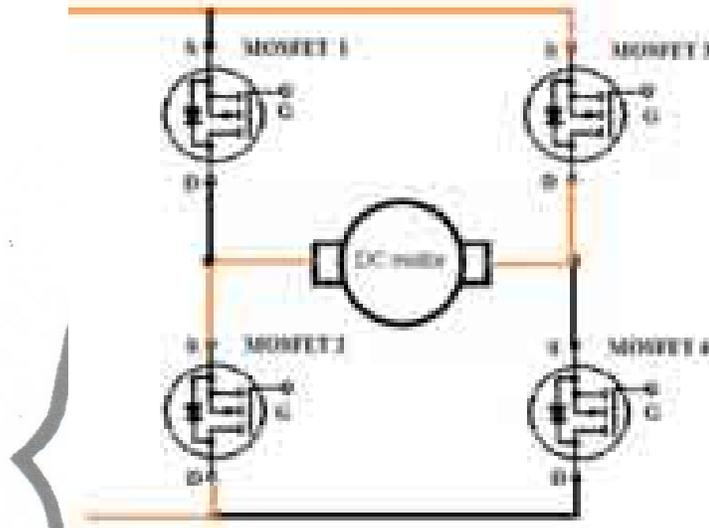
Untuk membuat motor berjalan maju, MOSFET 4 dihidupkan dan MOSFET 1 diberikan sinyal PWM. Jalannya arus dapat ditampilkan dalam diagram dengan warna merah.



Gambar 2.12 Skema pengaturan motor berjalan maju dengan MOSFET

*commit to user*

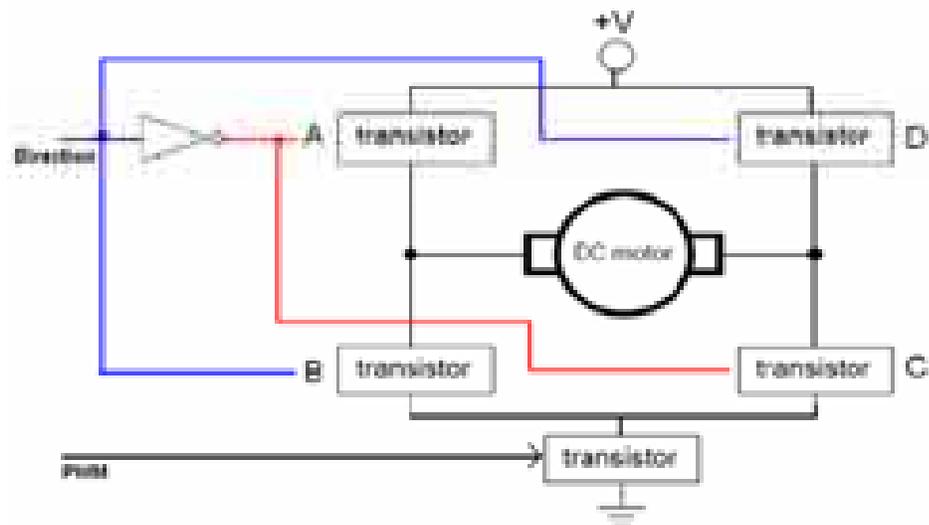
Untuk membuat motor berjalan mundur, MOSFET 2 dihidupkan dan MOSFET 4 diberikan sinyal PWM. Jalannya arus dapat ditampilkan dalam diagram dengan warna merah.



Gambar 2.13 Skema pengaturan motor berjalan mundur dengan MOSFET

**2.5 Mengatur arah putar sekaligus kecepatan putar**

Mengatur arah putaran dapat ditunjukkan pada gambar berikut . Direction mengatur arah putar motor dan PWM mengatur kecepatan putar motor.



Gambar 2.14 Pengatur arah putar sekaligus kecepatan putar

*commit to user*

## 2.6 Teori Dasar Elektronika

Menjelaskan dan mengetahui karakteristik dari setiap komponen elektronika baik yang termasuk komponen pasif maupun komponen aktif. Mengetahui cara menentukan atau menghitung besarnya nilai dari suatu jenis komponen elektronika.

### a. Komponen aktif

Komponen aktif adalah komponen elektronika yang dalam pengoperasiannya membutuhkan sumber arus atau sumber tegangan sendiri. seperti transistor, transducer, integrated circuit dan sensor.

### b. Komponen Pasif

Komponen pasif adalah komponen elektronika yang dalam pengoperasiannya tidak memerlukan sumber tegangan atau sumber arus tersendiri. seperti kapasitor, resistor, dioda, transformator dan relay.

## 2.7 Transistor

Transistor adalah komponen semikonduktor yang terdiri atas sebuah bahan tipe P dan diapit oleh dua bahan tipe N (transistor NPN) atau terdiri atas sebuah bahan tipe N dan diapit oleh dua bahan tipe P (transistor PNP). Sehingga transistor mempunyai tiga terminal yang berasal dari masing-masing bahan tersebut. Disamping itu yang perlu diperhatikan adalah bahwa ukuran basis sangatlah tipis dibanding emitor dan kolektor. Perbandingan lebar basis ini dengan lebar emitor dan kolektor kurang lebih adalah 1 : 150, sehingga ukuran basis yang sangat sempit ini kemudian akan mempengaruhi kerja transistor. Simbol transistor bipolar ditunjukkan pada gambar 2.3. Pada kaki emitor terdapat tanda panah yang kemudian bisa diketahui bahwa itu merupakan arah arus konvensional. Pada transistor NPN tanda panahnya menuju keluar sedangkan pada transistor PNP tanda panahnya menuju kedalam.



Gambar 2.15 Simbol transistor bipolar

Ketiga terminal transistor tersebut dikenal dengan Emitor (E), Basis (B) dan Kolektor (C). Emitor merupakan bahan semikonduktor yang diberi tingkat doping sangat tinggi. Bahan kolektor diberi doping dengan tingkat yang sedang. Sedangkan basis adalah bahan dengan doping yang sangat rendah. Perlu diingat bahwa semakin rendah tingkat doping suatu bahan, maka semakin kecil konduktivitasnya. Hal ini karena jumlah pembawa mayoritas (elektron untuk bahan N; dan hole untuk bahan P) adalah sedikit.

Transistor terdiri dari dua jenis yaitu transistor bipolar dan unipolar. Transistor bipolar adalah transistor yang ada pada daerah N mempunyai banyak sekali elektron pita dan pada daerah P mempunyai banyak sekali hole. Jenis dari transistor bipolar adalah transistor PNP dan NPN, sedangkan pada transistor unipolar misalnya FET, MOSFET, JPET dan lain-lain. Fungsi dari transistor adalah sebagai penguat arus, saklar elektronika, osilator, pencampur (*mixer*) dan penyearah. JFET (*Junction Field Effect Transistor*) adalah salah satu model *transistor junction* dan mempunyai resistansi input yang cukup tinggi. JFET memerlukan pembawa mayoritas untuk dapat bekerja (muatan hole atau elektron). JFET mempunyai kaki terminal, sama halnya dengan transistor bipolar yaitu *Drain (D)*, *Source (S)* dan *Gate (G)*. MOSFET (*Metal Oxide Semi Conductor*) adalah gate yang mempunyai gate terbuat dari bahan logam dan antara kanal dan gate dilapisi oleh suatu bahan silikon dioksida. MOSFET mempunyai jenis kanal N dan kanal P. Dalam penggunaan transistor untuk suatu proyek harus dipakai transistor yang tepat. Letak sambungan kaki suatu transistor sudah ditetapkan.

*commit to user*

### 2.7.1 Fungsi Transistor:

Transistor dapat dipakai untuk berbagai keperluan misalnya :

- a) Mengubah arus bolak balik menjadi arus searah, pekerjaan ini disebut penyearah.
- b) Menguatkan arus rata atau tegangan rata maupun arus bolak balik atau tegangan bolak balik.
- c) Menjangkitkan getaran listrik, dinamai oscilator. Rangkaian oscillator banyak ditemui pada rangkaian elektronika.
- d) Mencampur arus (tegangan) bolak balik dengan frekuensi yang berlainan (permodulasian).
- e) Saklar elektronik : tujuannya agar saklar tidak cepat putus.

### 2.7.2 Cara Kerja Transistor

Dari banyak tipe-tipe transistor modern, pada awalnya ada dua tipe dasar transistor, *bipolar junction transistor* (BJT atau transistor bipolar) dan *field-effect transistor* (FET), yang masing-masing bekerja secara berbeda.

Transistor bipolar dinamakan demikian karena kanal konduksi utamanya menggunakan dua polaritas pembawa muatan: elektron dan lubang, untuk membawa arus listrik. Dalam BJT, arus listrik utama harus melewati satu daerah/lapisan pembatas dinamakan *depletion zone*, dan ketebalan lapisan ini dapat diatur dengan kecepatan tinggi dengan tujuan untuk mengatur aliran arus utama tersebut.

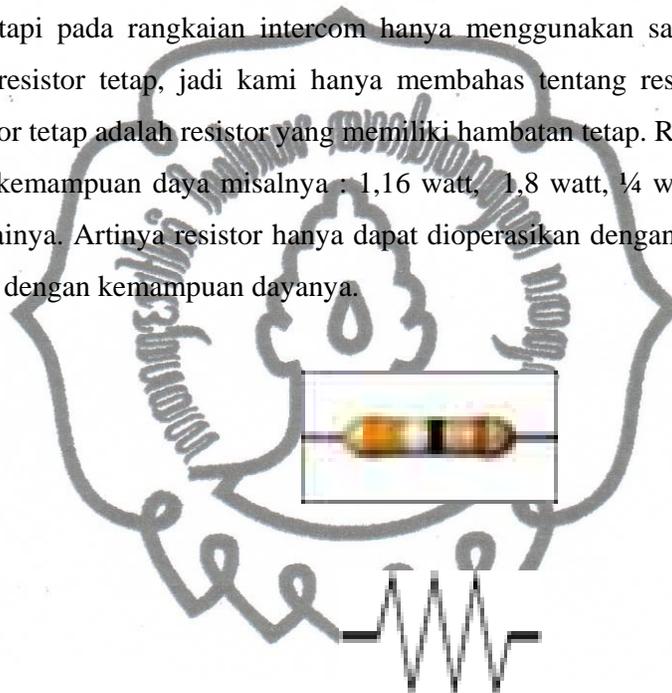
FET (juga dinamakan transistor unipolar) hanya menggunakan satu jenis pembawa muatan (elektron atau *hole*, tergantung dari tipe FET). Dalam FET, arus listrik utama mengalir dalam satu kanal konduksi sempit dengan *depletion zone* di kedua sisinya (dibandingkan dengan transistor bipolar dimana daerah Basis memotong arah arus listrik utama). Dan ketebalan dari daerah perbatasan ini dapat dirubah dengan perubahan tegangan yang diberikan, untuk mengubah ketebalan kanal konduksi tersebut.

## 2.8 Resistor

Resistor adalah suatu komponen elektronika yang fungsinya untuk menghambat arus dan tegangan listrik. Berdasarkan jenisnya resistor dibagi menjadi 2 jenis yaitu :

- Resistor tetap
- Resistor variabel

Tetapi pada rangkaian intercom hanya menggunakan satu jenis resistor yaitu resistor tetap, jadi kami hanya membahas tentang resistor tetap saja. Resistor tetap adalah resistor yang memiliki hambatan tetap. Resistor memiliki batas kemampuan daya misalnya : 1,16 watt, 1,8 watt,  $\frac{1}{4}$  watt,  $\frac{1}{2}$  watt, dan sebagainya. Artinya resistor hanya dapat dioperasikan dengan daya maksimal sesuai dengan kemampuan dayanya.



Gambar 2.16 Simbol dan bentuk fisik resistor tetap

Bentuk fisik dari resistor tetap ini terdiri dari 2 jenis yaitu ada yang memiliki 4 buah gelang dan 5 buah gelang seperti pada gambar diatas, tetapi untuk cara perhitungannya sama saja. Untuk mengetahui nilai hambatan suatu resistor dapat dilihat atau dibaca dari warna yang tertera pada bagian luar badan resistor tersebut yang berupa gelang warna.

Tabel 2.1 Kode Warna Resistor

Warna Cincin	Cincin I	Cincin II	Cincin III	Cincin IV / Presisi	Cincin V / Toleransi
Hitam	0	0	0	$\times 1$	
Coklat	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Merah	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Oranye	3	3	3	$\times 10^3$	
Kuning	4	4	4	$\times 10^4$	
Hijau	5	5	5	$\times 10^5$	
Biru	6	6	6	$\times 10^6$	
Cyan	7	7	7	$\times 10^7$	
Abu-abu	8	8	8	$\times 10^8$	
Putih	9	9	9	$\times 10^9$	
Kuning				$\times 0,1$	$\pm 5\%$
Perak				$\times 0,01$	$\pm 10\%$
Tanpa warna					$\pm 20\%$

Keterangan :

- Gelang ke 1 dan 2 menunjukkan angka
- Gelang ke 3 menunjukkan faktor pengali
- Gelang ke 4 menunjukkan toleransi

### 2.8.1 Karakteristik Resistor

Menurut karakteristik utamanya resistor dibagi 2 yaitu:

- a. Resistansinya
- b. Rating dayanya

### 2.8.2 Pertimbangan Untuk Memilih Resistor.

- a. Ukuran fisiknya
- b. Bentuknya
- c. Cara pemasangan dan penyambungan pada rangkaian
- d. Nilai resistansinya
- e. Dissipasi dayanya
- f. Kemampuan menangani beban lebih
- g. Keandalan

- h. Perubahan resistansi terhadap frekuensi dan terhadap tegangan yang jatuh
- i. Ketahanan sebagai beban
- j. Pengaruh kondisi dan lingkungannya

## 2.9 Dioda

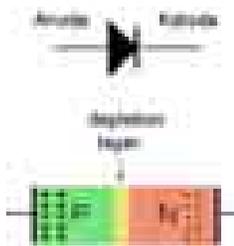
Dioda merupakan suatu semikonduktor yang hanya dapat menghantar arus listrik dan tegangan pada satu arah saja. Bahan pokok untuk pembuatan dioda adalah Germanium (Ge) dan Silikon/Silsilum (Si).

### 2.9.1 Fungsi Dioda

Dioda berfungsi mengalirkan arus pada satu arah saja dan menahan arus dari arah yang berlawanan. Bisa dikatakan dioda juga berfungsi sebagai pencegah arus balik (*feed back*).

### 2.9.2 Prinsip Kerja Dioda

Struktur dioda tidak lain adalah sambungan semikonduktor P dan N. Satu sisi adalah semikonduktor dengan tipe P dan satu sisinya yang lain adalah tipe N. Dengan struktur demikian arus hanya akan dapat mengalir dari sisi P menuju sisi N.

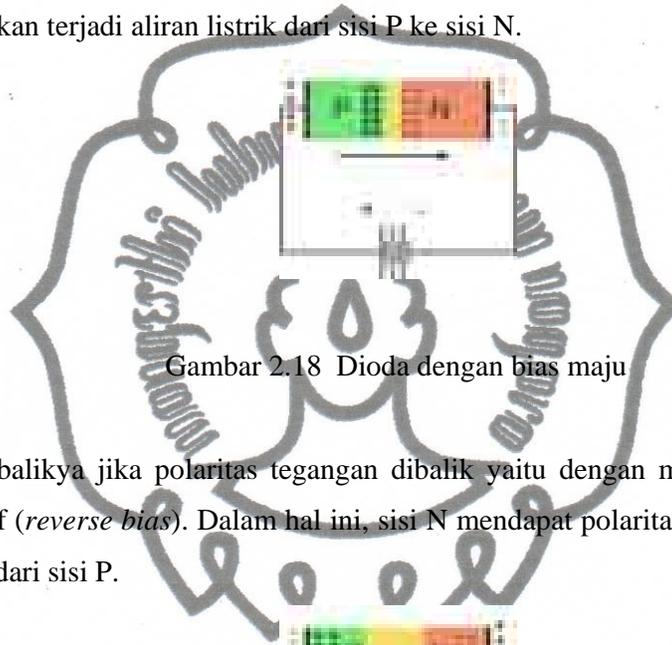


Gambar 2.17 Simbol dan struktur dioda

Gambar ilustrasi di atas menunjukkan sambungan PN dengan sedikit porsi kecil yang disebut lapisan deplesi (*depletion layer*), dimana terdapat keseimbangan *hole* dan elektron. Seperti yang sudah diketahui, pada sisi P banyak terbentuk *hole-hole* yang siap menerima elektron sedangkan di sisi N

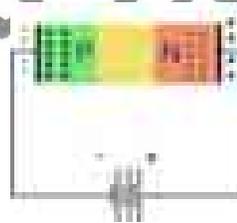
*commit to user*

banyak terdapat elektron-elektron yang siap untuk bebas merdeka. Lalu jika diberi bias positif, dengan arti kata memberi tegangan potensial sisi P lebih besar dari sisi N, maka elektron dari sisi N dengan serta merta akan bergerak untuk mengisi *hole* di sisi P. Tentu kalau elektron mengisi *hole* disisi P, maka akan terbentuk *hole* pada sisi N karena ditinggal elektron. Ini disebut aliran *hole* dari P menuju N, Kalau menggunakan terminologi arus listrik, maka dikatakan terjadi aliran listrik dari sisi P ke sisi N.



Gambar 2.18 Dioda dengan bias maju

Sebaliknya jika polaritas tegangan dibalik yaitu dengan memberikan bias negatif (*reverse bias*). Dalam hal ini, sisi N mendapat polaritas tegangan lebih besar dari sisi P.



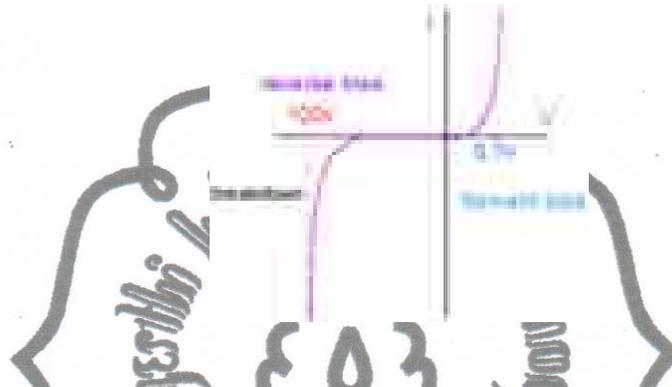
Gambar 2.19 Dioda dengan bias negatif

Maka yang terjadi adalah tidak akan terjadi perpindahan elektron atau aliran *hole* dari P ke N maupun sebaliknya. Karena baik *hole* dan elektron masing-masing tertarik ke arah kutup berlawanan. Bahkan lapisan deplesi (*depletion layer*) semakin besar dan menghalangi terjadinya arus.

Dengan tegangan bias maju yang kecil saja dioda sudah menjadi konduktor. Tidak serta merta diatas 0 volt, tetapi tegangan beberapa volt

*commit to user*

diatas nol baru bisa terjadi konduksi. Ini disebabkan karena adanya dinding deplesi (*depletion layer*). Untuk dioda yang terbuat dari bahan Silikon tegangan konduksi adalah diatas 0.7 volt. Kira-kira 0.2 volt batas minimum untuk dioda yang terbuat dari bahan Germanium.



Gambar 2.20 Grafik arus dioda

Sebaliknya untuk bias negatif dioda tidak dapat mengalirkan arus, namun memang ada batasnya. Sampai beberapa puluh bahkan ratusan volt baru terjadi *breakdown*, dimana dioda tidak lagi dapat menahan aliran elektron yang terbentuk di lapisan deplesi. Dioda yang digunakan pada rangkaian ini terdiri dari :

**a. Zener**

Phenomena tegangan *breakdown* dioda ini mengilhami pembuatan komponen elektronika lainnya yang dinamakan zener. Sebenarnya tidak ada perbedaan struktur dasar dari zener, melainkan mirip dengan dioda. Tetapi dengan memberi jumlah doping yang lebih banyak pada sambungan P dan N, ternyata tegangan *breakdown* dioda bisa makin cepat tercapai. Jika pada dioda biasanya baru terjadi *breakdown* pada tegangan ratusan volt, pada zener bisa terjadi pada angka puluhan dan satuan volt.

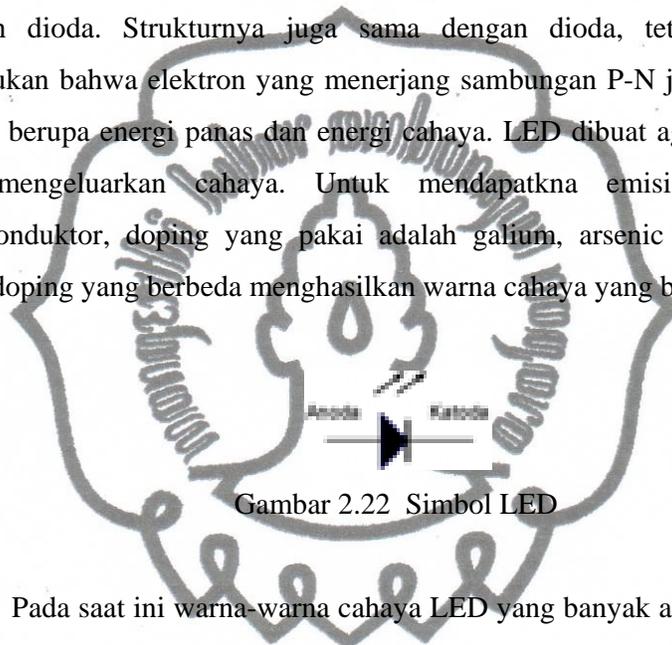


Gambar 2.21 Simbol Zener  
*commit to user*

Ini adalah karakteristik zener yang unik. Jika dioda bekerja pada bias maju maka zener biasanya berguna pada bias negatif (*reverse bias*).

#### b. LED

LED adalah singkatan dari *Light Emitting Dioda*, merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. LED merupakan produk temuan lain setelah dioda. Strukturnya juga 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 jika mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkna emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang pakai adalah galium, arsenic dan phosporus. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula.



Gambar 2.22 Simbol LED

Pada saat ini warna-warna cahaya LED yang banyak ada adalah warna merah, kuning dan hijau. LED berwarna biru sangat langka. Pada dasarnya semua warna bisa dihasilkan, namun akan menjadi sangat mahal dan tidak efisien. Dalam memilih LED selain warna, perlu diperhatikan tegangan kerja, arus maksimum dan disipasi daya-nya. Rumah (*chasing*) LED dan bentuknya juga bermacam-macam, ada yang persegi empat, bulat dan lonjong.

### 2.9.3 Forward Bias Dan Reverse Bias

#### a. Tegangan Knee

Tegangan dimana mengalir dengan cepat setelah melewati potensial barrier.

#### b. Arus Bocor

Arus yang mengalir pada saat bias *reverse*, padahal seharusnya tidak ada arus yang mengalir.

#### 2.9.4 Jenis Dioda

a. Dioda *shotshy*

berfungsi untuk menyearahkan frekuensi diatas 300 MHz.

b. Dioda *varactor*

berfungsi untuk mengubah frekuensi resonansi.

c. Dioda *step recovery*

berfungsi untuk menghasilkan pulsa yang sangat cepat

#### 2.10 IC (*INTEGRATED CIRCUIT*)

Sirkuit terpadu (*integrated circuit* atau *IC*) adalah komponen dasar yang terdiri dari resistor, transistor dan lain-lain. IC adalah komponen yang dipakai sebagai otak peralatan elektronika. Pada komputer, IC yang dipakai adalah mikroprosesor. Sirkuit terpadu dimungkinkan oleh teknologi pertengahan abad ke-20 dalam fabrikasi alat semikonduktor dan penemuan eksperimen yang menunjukkan bahwa alat semikonduktor dapat melakukan fungsi yang dilakukan oleh tabung vakum. Pengintegrasian transistor kecil yang banyak jumlahnya ke dalam sebuah chip yang kecil merupakan peningkatan yang sangat besar bagi perakitan tube-vakum sebesar-jari. Ukuran IC yang kecil, terpercaya, kecepatan "*switch*", konsumsi listrik rendah, produksi massal, dan kemudahan dalam menambahkan jumlahnya dengan cepat menyingkirkan *tube vacum*. IC mempunyai ukuran seukuran tutup pena sampai ukuran ibu jari dan dapat diisi sampai 250 kali.

##### 2.10.1 Fungsi IC (*Integrated Circuit*)

Di dalam rangkaian kontrol kecepatan ini memakai tipe NE555 dalam rangkaian kontrol kecepatan berfungsi sebagai (*Timer*) pewaktu sehingga menimbulkan sinyal daur aktif.

##### 2.10.2 Prinsip Kerja IC NE 555

IC NE555 yang mempunyai 8 pin (kaki) ini merupakan salah satu komponen elektronika yang cukup terkenal, sederhana, dan serba guna dengan

*commit to user*

ukurannya yang kurang dari 1/2 cm<sup>3</sup> (sentimeter kubik). Pada dasarnya aplikasi utama IC NE555 ini digunakan sebagai *Timer* (Pewaktu) dengan operasi rangkaian *monostable* dan *Pulse Generator* (Pembangkit Pulsa) dengan operasi rangkaian *astable*. Selain itu, dapat juga digunakan sebagai *Time Delay Generator* dan *Sequential Timing*.

Fungsi dan aplikasi IC NE555 ini banyak sekali digunakan diantaranya sebagai pengatur alarm, sebagai penggerak motor DC, bisa digabungkan dengan IC TTL (*Transistor-transistor Logic*) dan sebagai input jam digital untuk “keperluan yang diinginkan” (kalau hanya untuk jam digital biasa, sudah banyak IC yang bisa langsung digunakan), bisa juga dimanfaatkan dalam rangkaian sakelar sentuh, dan jika digabungkan dengan infra merah ataupun ultrasonic, NE555 ini bisa dijadikan sebagai pemancar atau *remote control*.

Apalagi jika digabungkan dengan teknik modulasi dan beberapa komponen elektronika yang mendukung, bisa dihasilkan *remote control multi channel* yang bisa mengontrol beberapa perangkat elektronik lain dalam satu remote.

Untuk keperluan praktis dalam membuat sebuah rangkaian dengan IC ini, yang perlu diketahui adalah posisi dan fungsi masing-masing kakinya saja, yang dapat dilihat seperti berikut:



Gambar 2.23 IC NE555

## Fungsi Masing-masing PIN (Kaki) IC NE555:

PIN ke:	KETERANGAN
1	<i>Ground</i> (0V), adalah pin input dari sumber tegangan DC paling negatif
2	<i>Trigger</i> , <i>input negative</i> dari <i>lower</i> komparator (komparator B) yang menjaga osilasi tegangan terendah kapasitor pada $1/3 V_{cc}$ dan mengatur RS flip-flop
3	<i>Output</i> , pin keluaran dari IC 555.
4	<i>Reset</i> , adalah pin yang berfungsi untuk me <i>reset latch</i> didalam IC yang akan berpengaruh untuk me- <i>reset</i> kerja IC. Pin ini tersambung ke suatu <i>gate</i> (gerbang) transistor bertipe PNP, jadi transistor akan aktif jika diberi logika low. Biasanya pin ini langsung dihubungkan ke $V_{cc}$ agar tidak terjadi reset
5	<i>Control voltage</i> , pin ini berfungsi untuk mengatur kestabilan tegangan <i>referensi input negative</i> (komparator A). pin ini bisa dibiarkan tergantung (diabaikan), tetapi untuk menjamin kestabilan <i>referensi</i> komparator A, biasanya dihubungkan dengan kapasitor berorde sekitar 10 nF ke pin ground
6	<i>Threshold</i> , pin ini terhubung ke input positif (komparator A) yang akan me-reset RS flip-flop ketika tegangan pada pin ini mulai melebihi $2/3 V_{cc}$
7	<i>Discharge</i> , pin ini terhubung ke open kolektor transistor internal (Tr) yang emiternya terhubung ke <i>ground</i> . <i>Switching</i> transistor ini berfungsi untuk meng- <i>clamp node</i> yang sesuai ke <i>ground</i> pada waktu tertentu.
8	$V_{cc}$ , pin ini untuk menerima <i>supply DC voltage</i> . Biasanya akan bekerja optimal jika diberi 5V s/d 15V. Sumber arusnya dapat dilihat di datasheet, yaitu sekitar 10mA s/d 15mA.

## 2.11 Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik atau energi listrik. Sebuah kapasitor terdiri dari dua bahan penghantar yang dipisahkan oleh sebuah bahan isolasi yang disebut dielektrikum. Kemampuan untuk menyimpan muatan listrik pada kapasitor disebut dengan kapasitansi atau kapasitas. Kapasitas kapasitor merupakan sebuah ukuran dari banyaknya muatan listrik yang dapat disimpan oleh kapasitor tersebut dibagi (per) satuan beda potensialnya. Kapasitas terdapat dalam beraneka ragam yang sangat besar, dalam bentuk ukuran, tipe, pembuatan/bahan baku, nilai *voltage* kerja dan nilai kapasitansinya. Nilai kapasitor dinyatakan dalam satuan farad (F) atau pada umumnya satuan tersebut mempunyai skala mikro Farad ( $\mu\text{F}$ ) yang tertera pada badan kondensator, artinya huruf ini menunjukkan nilai sekian per sejuta dari 1 Farad. Satu Farad adalah nilai kapasitas yang sedemikian besarnya, sehingga tidak akan pernah dijumpai dalam bidang elektronika khususnya, atau juga pada umumnya dilengkapi dengan potensial kerja kapasitor tersebut.

### 2.11.1 Fungsi Kapasitor :

- a. Untuk menyimpan muatan listrik.
- b. Untuk menahan arus searah dan melewatkan arus bolak-balik.
- c. Sebagai kopel (penghubung) pada rangkaian listrik.
- d. Sebagai penentu frekuensi.

### 2.11.2 Macam-macam kapasitor :

- a. Kapasitor elektrolit, mempunyai kapasitas sebesar  $1\mu\text{F}$  atau lebih dan mempunyai polaritas kutub (+) dan kutub (-).
- b. Kapasitor non elektrolit, mempunyai kapasitas kurang dari  $1\mu\text{F}$  dan tidak mempunyai polaritas, umumnya terbuat dari bahan dielektrik keramik, mika atau poliyester.
- c. Kapasitor *Variable* (varco).
- d. Kapasitor *Trimmer*.

Kebanyakan kapasitor tidak dipolaritaskan, yang artinya dapat dipasang bolak-balik, akan tetapi beberapa tipe dipolaritaskan, artinya tidak boleh dipasang bolak-balik. Kapasitor elektrolit selalu dipolaritaskan, kecuali jika ada tanda keterangan lainnya (beberapa elektrolit non-polarisasi dibuat untuk penggunaan tertentu). Kapasitor yang dipolaritaskan selalu diberi tanda yang memperhatikan kutubnya. Cara yang umum ialah tanda negatif (-) dan tanda positif (+) pada kawat tiap sambungan, atau ada juga yang diberi tanda warna merah pada terminal positif atau warna hitam pada terminal negatif.

### 2.11.3 Prinsip Kerja

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutup negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutup positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini "tersimpan" selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya.



Gambar 2.24 Prinsip dasar kapasitor

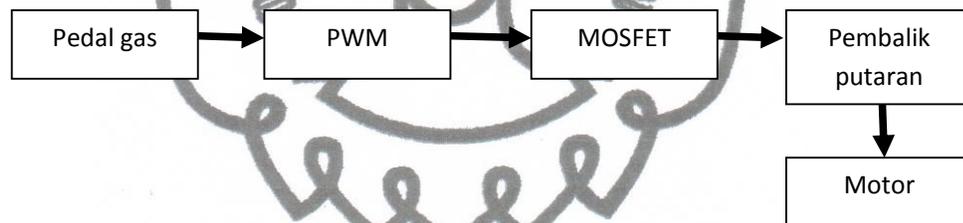
## BAB III

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN KONTROL KECEPATAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perencanaan sistem secara keseluruhan. Dimulai dari perencanaan sistem secara garis besar. Setelah itu dilanjutkan dengan penjelasan mengenai perencanaan perangkat keras yang digunakan.

#### 3.1 Perencanaan Sistem

Perencanaan sistem secara garis besar dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Secara keseluruhan sistem dapat dibagi menjadi tiga bagian. Bagian pertama adalah bagian input yang berupa pedal gas sebagai data level kecepatan mobil. Bagian kedua adalah bagian pengolah data yang berupa *PWM (Pulse Width Modulation)* sebagai pengolah data dari input pedal gas, dan Mosfet sebagai komponen switching tegangan. Ketiga adalah bagian putaran motor yang dihasilkan dari pulsa *PWM*.

#### 3.2 Perancangan Rangkaian Kontrol Kecepatan

Kontrol kecepatan yang akan digunakan pada mobil listrik merupakan pengembangan dari kontrol kecepatan yang telah dibuat pada tugas akhir

*commit to user*

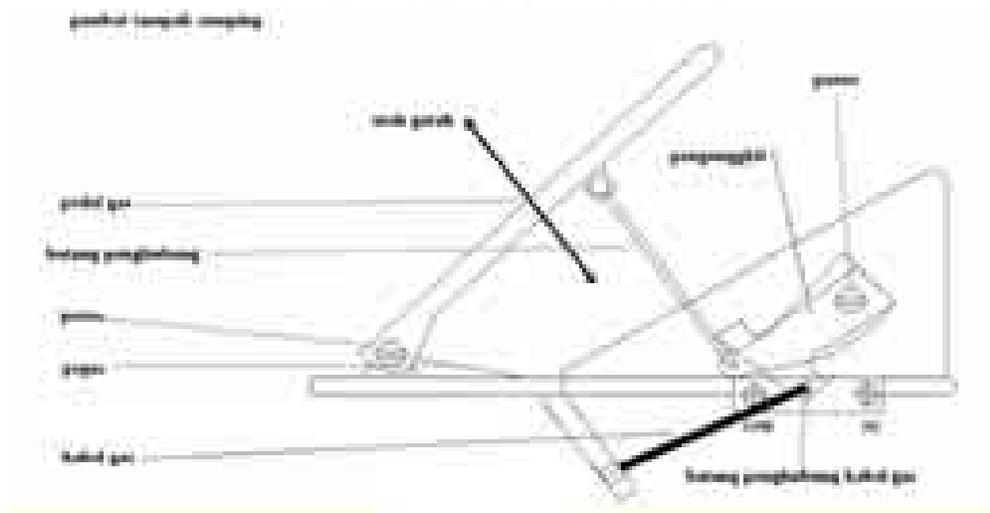
tahun lalu. Sehingga kita hanya meridisain komponen kontrol kecepatan yang bermasalah dan memanfaatkan komponen kontrol kecepatan yang telah berjalan dengan baik untuk tetap digunakan.

Kontrol kecepatan yang digunakan pada mobil listrik meliputi: Rangkaian pada pedal Gas, rangkaian *PWM (Pulse Width Modulation)*, rangkaian MOSFET sebagai switching tegangan, dan rangkaian pembalik arus.

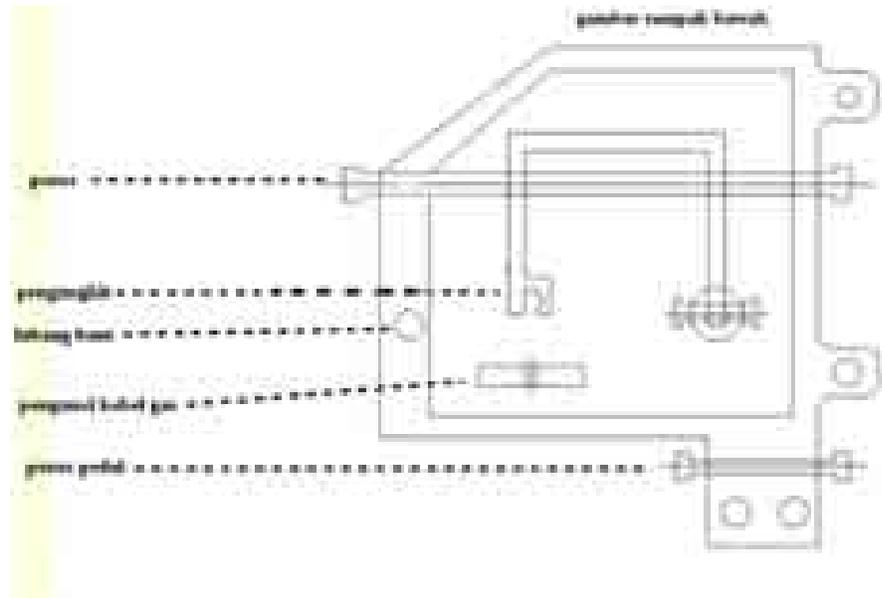
Rangkaian control kecepatan yang perlu diperbaiki adalah rangkaian *PWM (Pulse Width Modulation)*, dan rangkaian MOSFET. Hal ini dikarenakan rangkaian yang telah dibuat belum mampu menampung arus yang di hasilkan oleh motor yang digunakan.

### 3.2.1 Rangkaian Mekanisme Gas

Rangkaian mekanisme gas pada mobil listrik terdiri dari pedal gas, kabel gas, potensio geser beserta dudukannya. Penggunaan potensiometer sebagai pengatur lebar pulsa PWM yang akan menentukan besarnya putaran motor. Potensio yang digunakan adalah model sliding (geser). Hal ini dikarenakan kerja potensio geser lebih optimal pada saat pedal gas diinjak, dibandingkan potensio putar. Gambar skema pedal gas ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut:



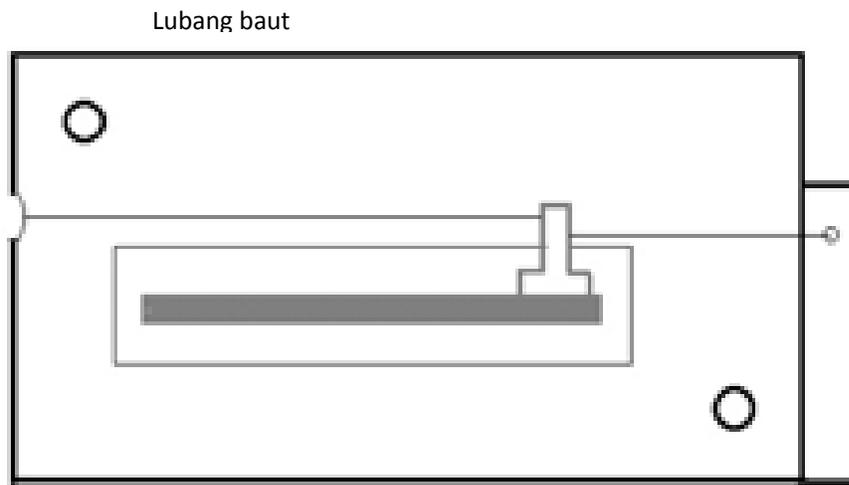
Gambar 3.2. Mekanisme pedal gas tampak samping



Gambar 3.3 Mekanisme pedal gas tampak bawah

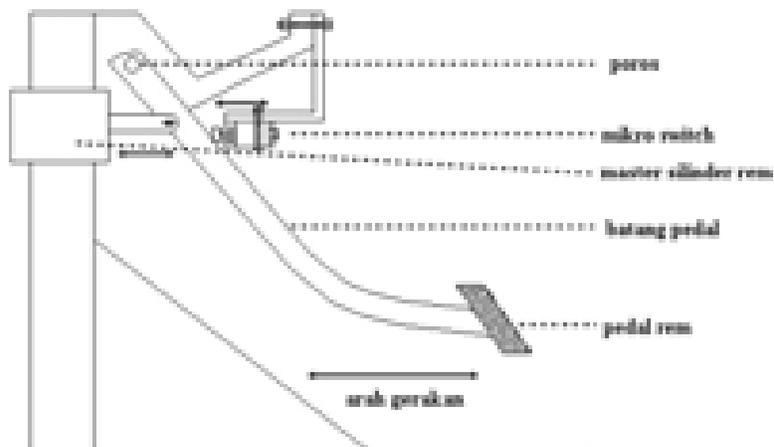
Untuk dapat memaksimalkan kinerja dari pedal gas pada saat dijalankan, maka potensio geser disambung langsung dengan PWM. Sehingga pada saat pedal gas diinjak, potensio geser akan ikut tertarik dan langsung memberikan sinyal input ke PWM kemudian sinyal tersebut akan memutar motor. Hasilnya pada saat pedal gas diinjak sedikit maka kecepatan motor sedikit dan saat pedal gas diinjak lebih dalam maka kecepatan motor ikut meningkat.

Untuk mengantisipasi kebiasaan pengemudi yang biasanya menekan pedal gas terkadang bersamaan dengan pengereman mekanis, juga digunakan *Mikroswitch* sebagai pembatas.



Gambar 3.4 Mekanisme pada potensio geser (gambar tampak atas)

gambar tampak samping



Gambar 3.5 Mekanisme pada pedal rem

### 3.2.2 Rangkaian PWM (*Pulse Width Modulation*)

Modulasi lebar pulas (PWM) dicapai/diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang mana siklus kerja (*duty cycle*) gelombang dapat

*commit to user*

diubah-ubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut.

$T_{on}$  adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (baca: *high* atau  $1$ ) ditunjukkan pada gambar 2.2 dan  $T_{off}$  adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (baca: *low* atau  $0$ ). Anggap  $T_{total}$  adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara  $T_{on}$  dengan  $T_{off}$ , biasa dikenal dengan istilah “periode satu gelombang”.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off}$$

Siklus kerja atau *duty cycle* sebuah gelombang di definisikan sebagai,

$$D = \frac{T_{on}}{(T_{on} + T_{off})} = \frac{T_{on}}{T_{total}}$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan *duty-cycle* dan dapat dirumuskan sebagai berikut,

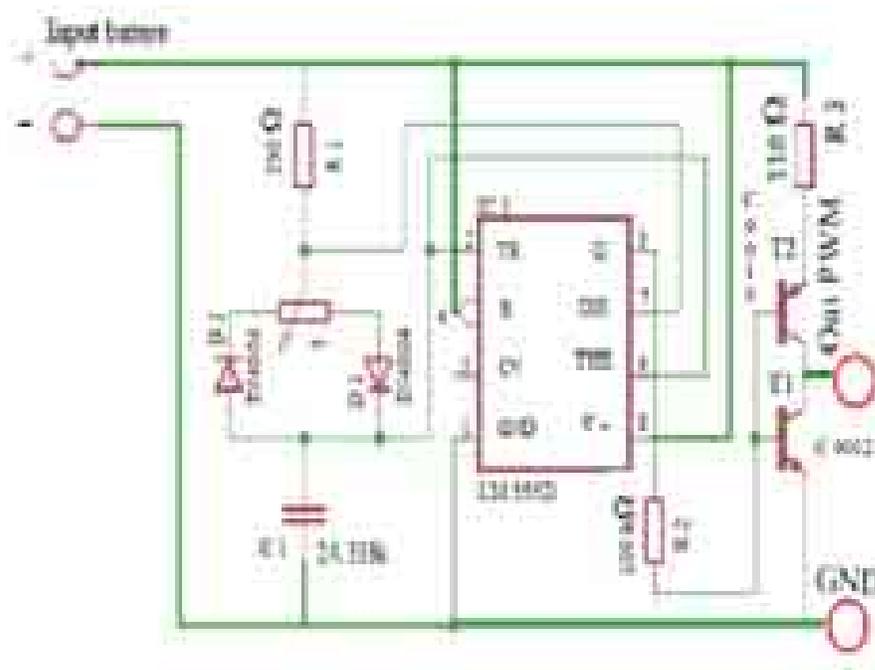
$$V_{out} = D \times V_{in}$$

sehingga:

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in}$$

Dari rumus diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa tegangan keluaran dapat diubah-ubah secara langsung dengan mengubah nilai  $T_{on}$ . Apabila  $T_{on}$  adalah 0,  $V_{out}$  juga akan 0. Apabila  $T_{on}$  adalah  $T_{total}$  maka  $V_{out}$  adalah  $V_{in}$  atau katakanlah nilai maksimumnya.

Skema rangkaian PWM



Gambar 3.6 Rangkaian PWM

Dari rangkaian tersebut dapat dijelaskan :

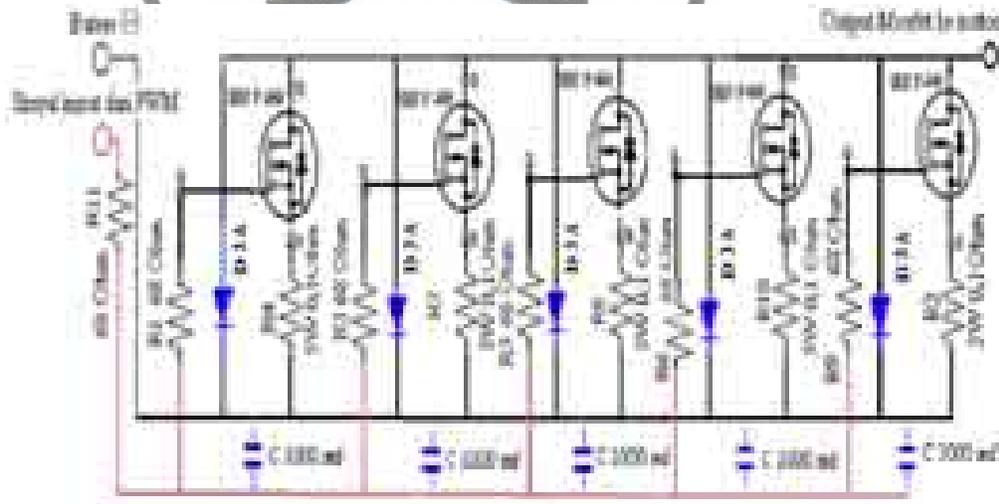
- Tegangan supply yang digunakan oleh PWM sebesar 12 V masuk ke dalam IC NE555 karena IC hanya mampu pada tegangan 5 – 15 V.
- $V_{input}$  sebesar 12V tersebut kemudian masuk ke IC NE555, sehingga menghasilkan frekuensi tertentu yang nilainya dipengaruhi oleh nilai  $R_1$ , dan  $C_1$  yang di atur sesuai dengan putaran potensiometer.
- Potensiometer dihubungkan dengan IC NE555 kaki nomor 6 dan 7 yang berfungsi membangkitkan daur aktif dari minimum sampai dengan maksimum.
- Pulsa keluaran dari IC NE555 kaki no. 3 berbentuk seperti gigi gergaji.
- Saat pulsa keluar dari IC NE555 akan di bias oleh transistor 9012 dan 9013 Sehingga tidak akan ada tegangan balik sehingga tidak akan merusak IC NE555.
- Output pulsa dari dari PWM kemudian masuk ke rangkaian MOSFET (*driver*).

### 3.2.3 Rangkaian MOSFET Sebagai *Switching* Tegangan (*Driver*)

MOSFET adalah komponen elektronik solid state, yang jika diaplikasikan sebagai *Power Switching Device*, mempunyai keunggulan dalam hal frekuensi *switching* yang tinggi dan rugi-rugi *switching* yang rendah. Selain itu juga mosfet dapat dioperasikan secara paralel karena mempunyai karakteristik resistif internal pada saat ON-stage. Dengan memparalel mosfet dapat mengurangi rugi-rugi drop dan memungkinkan penggunaan mosfet daya rendah dengan jumlah yang banyak dengan harga total yang jauh lebih murah dibandingkan dengan IGBT atau mosfet tunggal daya tinggi.

(<http://elib.pdlilipi.go.id/katalog/index.php/searchkatalog/downloadDataById/5220/5221.pdf>)

Rangkaian MOSFET disini berfungsi sebagai *switching* Tegangan (*Driver*) yang di control oleh masukan sinyal dari pwm yang kemudian tegangan yang diatur tersebut masuk ke motor sehingga dapat menimbulkan putaran pada motor.



Gambar 3.7 Rangkaian MOSFET

Pada rangkaian *driver* menggunakan mosfet sebanyak 50 buah Mosfet yang disusun secara paralel, yang mana masing-masing mosfet berkapasitas 20 A, 500 V. Rangkaian *Driver* terdiri dari 10 modul yang dibagi 2 bagian,

*commit to user*

masing-masing bagian 5 modul. Setiap modul terdiri dari 5 Mosfet yang dipasang secara paralel bernilai 100 A, seperti pada Gambar 3.6. Dari masing-masing modul tersebut kemudian di paralel sehingga diperoleh *driver* dengan kapasitas 1000 A.

Penerapan jumlah mosfet yang digunakan didasarkan dari hasil percobaan dengan menyalakan motor secara langsung dari baterai dan di ukur arus Inrush maksimum yang masuk ke motor. Hasil percobaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan 1 baterai, arus yang dihasilkan 95 Ampere
2. Menggunakan 2 baterai, arus yang dihasilkan 250 Ampere
3. Menggunakan 3 baterai, arus yang dihasilkan 470 Ampere

Jika dihitung secara matematis, akan didapat:

$$\text{Jumlah mosfet} = \frac{\text{jumlah arus maksimal yang dihasilkan} \times 2}{\text{jumlah arus maksimal mosfet}}$$

$$\text{Jumlah mosfet} = \frac{470 \times 2}{20}$$

$$\text{Jumlah mosfet} = \frac{940}{20}$$

$$\text{Jumlah mosfet} = 47 \text{ buah}$$

*\*( 2 merupakan angka keamanan )*

Jadi mosfet yang digunakan sebanyak 50 buah = 10 modul (tingkat)

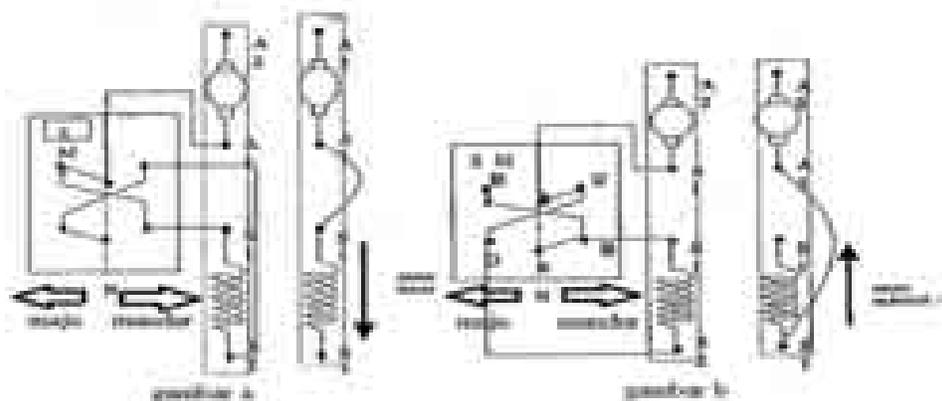
Rangkaian PWM dan DRIVER dapat dilihat pada Gambar 3.8.





### 3.2.5 Rangkaian Saklar Mekanis Maju Mundur ( SM3 )

Untuk sistem maju mundur dengan menggunakan rangkaian pembalik arus, seperti diperlihatkan pada gambar dapat dijelaskan bahwa prinsip dasar pembalikan putaran motor penggerak jenis ini dapat dilakukan dengan pembalikan arah arus yang mengalir pada lilitan stator motor, untuk arah maju berarti arus yang mengalir dari terminal motor A1 dengan menggunakan SM3 dihubungkan dengan terminal C pada SM3 kemudian mekanis saklar memindahkan hubungan secara mekanis menyambungkan C ke terminal B pada SM3 kemudian dihubungkan ke terminal S1 pada motor penggerak sehingga arus mengalir menuju terminal S2 pada motor penggerak yang langsung dihubungkan ke kendali kecepatan PWM. Untuk posisi mundur yang diperlihatkan pada gambar dilakukan dengan pembalikan arah arus. Arus yang mengalir dari terminal motor A1 dengan menggunakan SM3 dihubungkan dengan terminal A pada SM3 kemudian mekanis saklar memindahkan hubungan secara mekanis menyambungkan terminal C ke terminal D pada SM3 kemudian dihubungkan ke terminal S2 pada motor penggerak sehingga arus mengalir menuju terminal S1 pada motor penggerak yang langsung dihubungkan ke kendali kecepatan PWM. Berikut penjelasan penggunaan SM3 pada sistem maju mundur dan posisi netral dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 3.9 Pengaturan posisi maju dan posisi mundur serta netral dengan Menggunakan SM3 ( Saklar Mekanis Maju Mundur )

Agar kendaraan dapat bergerak maju, mundur dan juga posisi netral digunakan alat saklar mekanis maju mundur ( SM3 ) yang memiliki enam terminal yang diberi kode masing – masing terminal a, b, c, d. Terminal a dihubungkan ke terminal A kendali kecepatan melalui terminal A1 dan A2 pada motor penggerak. Terminal c pada ( SM3 ) dihubungkan langsung dengan PWM. Untuk terminal b dan d memiliki dua buah kutub dimana difungsikan untuk membolak – balikkan input arah arus pada terminal S1 Dan S2 pada motor penggerak.

### **3.3 Membuat Desain PCB (*Printed Circuit Board*) Untuk Rangkaian Kontrol Kecepatan.**

Untuk membuat desain PCB, bahan yang dipakai adalah:

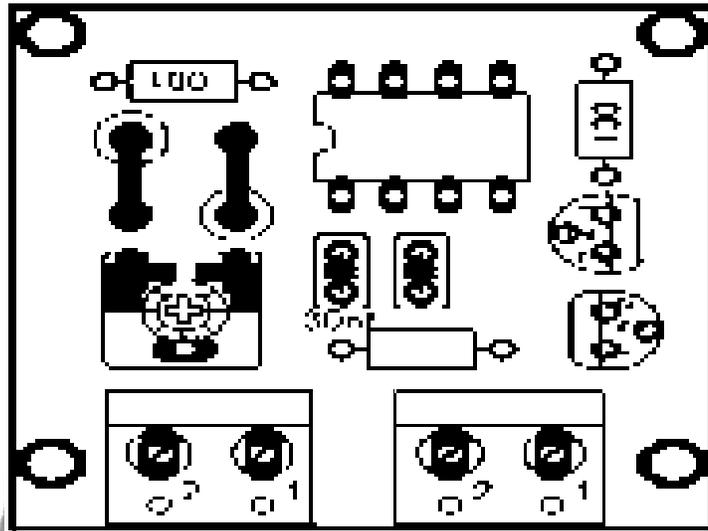
- a. Gambar skema rangkaian PWM.
- b. 1 lembar plat PCB fiber dengan ukuran 5x10 cm.
- c. Spidol marker, isolasi kertas.

### **3.4 Membuat Jalur PCB Pada Rangkaian Untuk Rangkaian Kontrol Kecepatan**

- a. Memotong bahan sesuai dengan gambar kerja yang telah dibuat.

Alat yang dipakai:

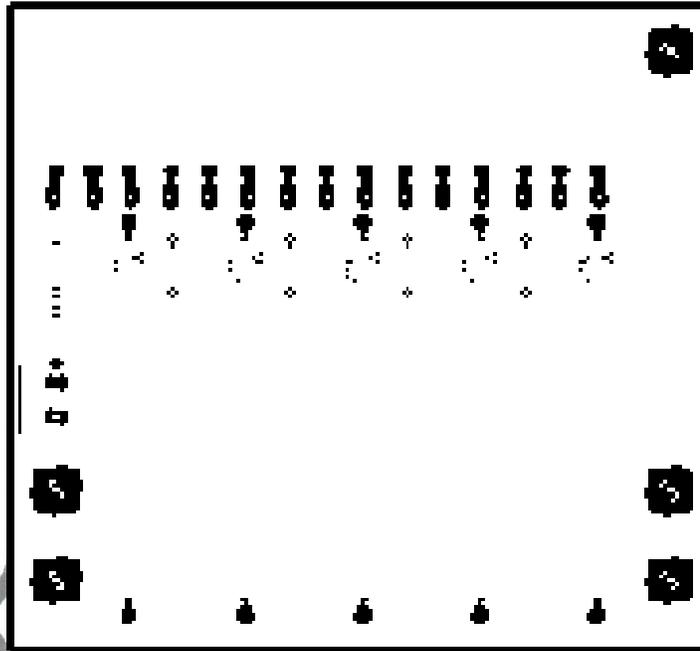
1. Gergaji tangan
  2. Mesin bor PCB
  3. Penggaris
  4. Larutan Feri chlorida
- b. Merangkai komponen sesuai dengan gambar skema rangkaian PWM .



Gambar 3.10 Layout Rangkaian PWM



Gambar 3.11 Layout Rangkaian PWM



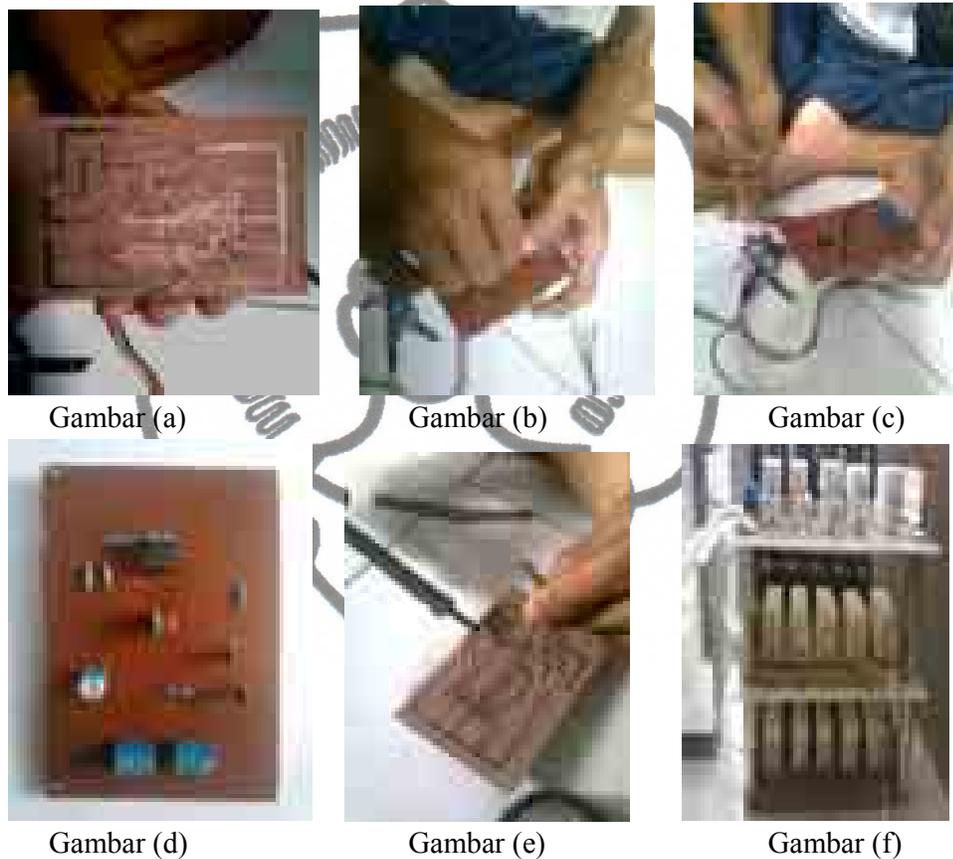
Gambar 3.12 Layout rangkaian *driver*



Gambar 3.13 Jalur PCB *driver*

- c. Menyolder kaki-kaki komponen
- d. *Finshing* (Memotong kaki-kaki komponen yang terlalu panjang supaya rapi).

### 3.5 Gambar Langkah Pembuatan PWM



Gambar 3.14 (a-f) Gambar Kontruksi rangkaian PWM

Keterangan Gambar :

- **Gambar 3.14.a:**

Mulai pembuatan jalur rangkaian komponen kontrol kecepatan pada PCB kemudian melubangi PCB sesuai dengan yang ada pada skema rangkaian kontrol kecepatan untuk menempatkan kaki-kaki komponen.

*commit to user*

- **Gambar 3.14.b :**

Mulai perakitan dimulai dari komponen paling kecil sampai bagian yang besar. Pemasangan komponen harus sesuai dengan yang ada pada skema rangkaian kontrol kecepatan.

- **Gambar3.14.c:**

Setelah perakitan komponen paling kecil kemudian dilanjutkan memasang komponen yang besar sesuai dengan skema rangkaian kontrol kecepatan.

- **Gambar 3.14.d:**

Setelah melakukan perakitan komponen dari yang paling kecil sampai bagian yang besar kemudian dilanjutkan dengan langkah penyolderan kaki-kaki komponen pada PCB.

- **Gambar 3.14.e :**

Melakukan penyolderan kaki-kaki komponen pada PCB dengan hati-hati dan tidak terlalu lama, karena jika terlalu lama dapat merusak komponen tersebut. Jika seluruh kaki komponen sudah di solder pada PCB kemudian memotong kaki-kaki komponen supaya rapi.

- **Gambar 3.14.f :**

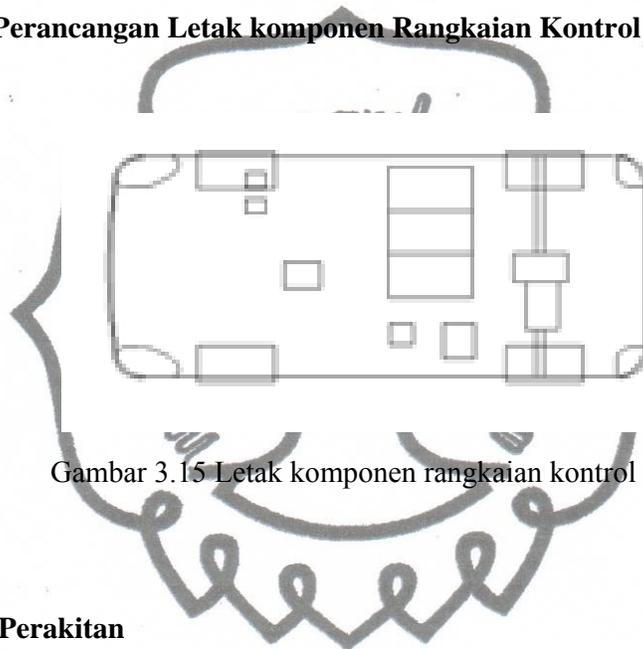
Merangkai MOSFET secara paralelpada PCB. Mosfet yang terpasang pada PCB di pasang pada *heatsink* yang berupa alumunium, yang mana alumunium berfungsi sebagai pendingin.

### 3.6 Sistem Operasi Kontrol

Menggunakan Potensio sebagai kontrol yang mana output dari PWM berupa siklus kerja ( *duty cycle* ). Masukan sinyal analog dari potensio pada rangkaian kontrol ini akan menghaikan sinyal yang terbaca pada osiloskop berupa gelombang kotak (divisi). Gelombang ini oleh potensio akan diatur periodenya sesuai dengan putaran potensiometer. Periode inilah yang menentukan kecepatan motor listrik, bilamana periodenya pendek maka kecepatan motor juga pelan, begitu juga sebaliknya.

Sebagai indikator sinyal keluaran dari PWM menggunakan sebuah lampu LED. Dengan adanya peningkatan siklus kerja ( *duty cycle* ) dapat meningkatkan kecerahan lampu LED sehingga mengindikasikan kecepatan motor bertambah.

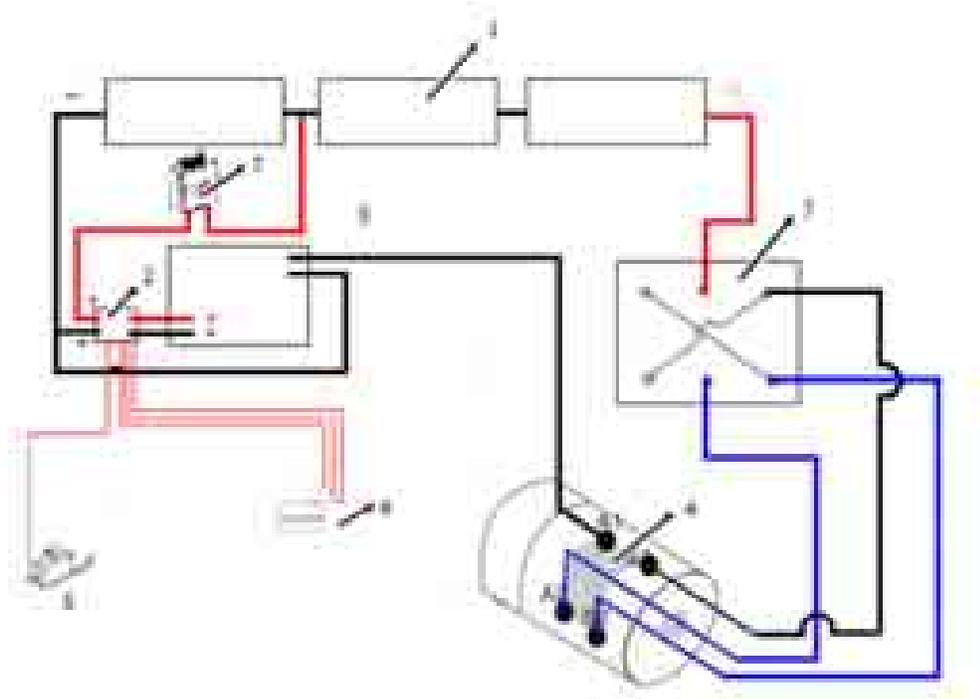
### 3.7 Perancangan Letak komponen Rangkaian Kontrol Kecepatan



Gambar 3.15 Letak komponen rangkaian kontrol kecepatan

#### 3.7.1 Perakitan

Perakitan merupakan tahap terakhir dalam proses perancangan dan pembuatan suatu mesin atau alat, dimana suatu cara atau tindakan untuk menempatkan dan memasang bagian-bagian dari suatu komponen yang digabung dari satu kesatuan menurut pasangannya, sehingga akan menjadi perakitan alat yang siap digunakan sesuai dengan fungsi yang direncanakan.



Gambar 3.16 Skema perakitan pada mobil

Keterangan gambar :

1. Batere 36 V, 100 A
2. Rangkaian PWM
3. Rangkaian MOSFET
4. Motor DC
5. Saklar mekanik maju mundur
6. Potensiometer
7. Sekering (*fuse*)
8. *Microswitcth brake*

Sebelum melakukan perakitan, hendaknya memperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Komponen-komponen yang akan dirakit, telah selesai dikerjakan dan telah siap ukuran sesuai perencanaan.
- b. Komponen-komponen standar siap pakai ataupun dipasangkan.

*commit to user*

- c. Mengetahui jumlah yang akan dirakit dan mengetahui cara pemasangannya.
- d. Mengetahui tempat dan urutan pemasangan dari masing-masing komponen yang tersedia.
- e. Menyiapkan semua alat-alat bantu untuk proses perakitan.

Komponen – Komponen dari Alat ini adalah :

1. Motor Listrik
2. Baterai 12v, 100Ah
3. Kabel
4. Rangkaian PWM
5. Mur dan Baut
6. Bearing
7. Pedal Gas
8. Sekering ( Fuse )
9. Kunci Kontak
10. *Flanges*



### 3.7.2 Perakitan Perangkat Kontrol Kecepatan dan Motor pada Mobil

- a. Menyiapkan cardan
- b. Memasang bearing pada *flanges*
- c. Memasang *flanges* pada motor
- d. Memasang motor pada cardan dan diikat dengan baut  $\phi$  14 mm
- e. Memasang pedal gas pada mobil
- f. Menempatkan baterai dan rangkaian PWM pada mobil
- g. Menghubungkan baterai ke kontrol PWM dengan kabel
- h. Menghubungkan pedal gas dengan potensio PWM dengan kabel kawat.
- i. Kontrol kecepatan siap digunakan

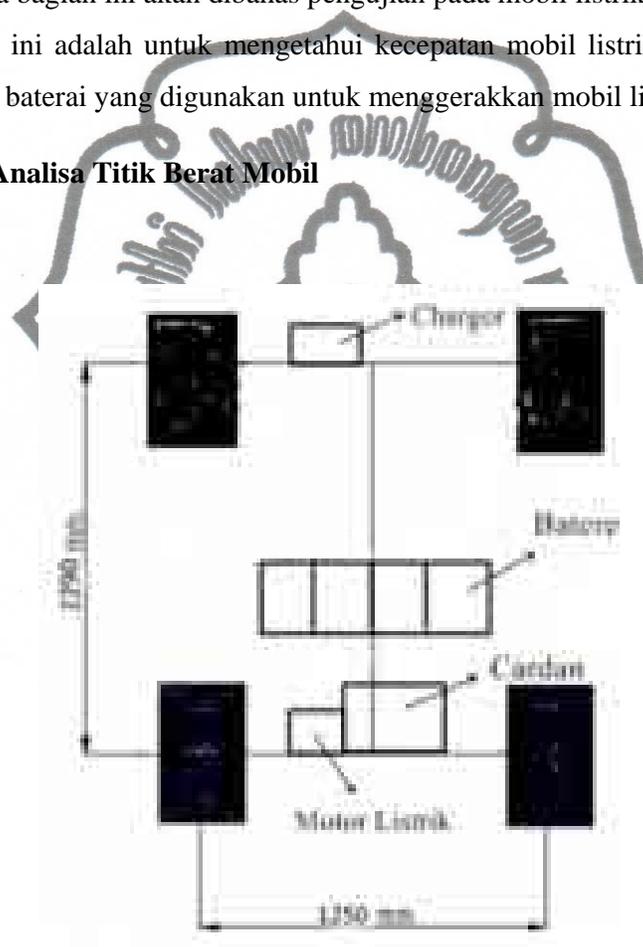
## BAB IV

### HASIL PERCOBAAN

#### 4.1 Pengujian Mobil Listrik

Pada bagian ini akan dibahas pengujian pada mobil listrik. Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui kecepatan mobil listrik dan kemampuan maksimal baterai yang digunakan untuk menggerakkan mobil listrik.

##### 4.1.1 Analisa Titik Berat Mobil



Gambar 4.1 Titik berat mobil

Jarak titik berat dari poros roda depan maupun belakang :

$$= \frac{\text{jarak antara kedua sumbu roda}}{2}$$

$$= \frac{2,3 \text{ m}}{2}$$

$$= 1,15 \text{ m}$$

#### 4.1.2 Pengujian Mobil Listrik

Pada bagian ini dibahas pengujian putaran motor dari *range* putaran gas  $\frac{1}{4}$  sampai putaran gas penuh. Panjang lintasan yang digunakan dalam percobaan sepanjang 50 meter yang akan dibagi menjadi 10 titik. Pencatatan nilai – nilai yang diperlukan dilakukan saat mencapai titik – titik tersebut. Tujuan percobaan ini adalah untuk mengetahui kecepatan dan percepatan yang diperoleh tiap putaran gas saat pengujian. Pengujian dilakukan menggunakan clampmeter, stopwatch & multimeter.

Berikut adalah data hasil dari percobaan yang dilakukan:

- a. Putaran gas  $\frac{1}{4}$ , dengan jarak 50 m

Pada saat pedal gas diinjak  $\frac{1}{4}$ , mobil dapat berjalan selama 18,8 detik untuk dapat menempuh jarak 50 m. Sehingga didapatkan :

- Kecepatan = jarak : waktu

$$\begin{aligned} V &= \frac{S}{t} \\ &= \frac{50}{18,8} \\ &= 2,65 \text{ m/s} \\ &= 9,5 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

- Percepatan

$$\begin{aligned} S &= V_0 \cdot t + (1/2) a \cdot t^2 \\ 50 &= 0 \times 18,8 + (1/2) a \times 18,8^2 \end{aligned}$$

*commit to user*

$$50 = a \times 176,72$$

$$a = \frac{50}{176,72}$$

$$= 0,28 \text{ m/s}^2$$

- b. Putaran gas  $\frac{1}{2}$ , dengan jarak 50 m

Pada saat pedal gas diinjak  $\frac{1}{2}$ , mobil dapat berjalan selama 12,9 detik untuk dapat menempuh jarak 50 m. Sehingga didapatkan :

- Kecepatan = jarak : waktu

$$\begin{aligned} V &= \frac{s}{t} \\ &= \frac{50}{12,9} \\ &= 3,87 \text{ m/s} \\ &= 13,9 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

- Percepatan

$$\begin{aligned} S &= V_0 \cdot t + (1/2) a \cdot t^2 \\ 50 &= 0 \times 12,9 + (1/2) a \times 12,9^2 \\ 50 &= a \times 83,2 \\ a &= \frac{50}{83,2} \\ &= 0,6 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

- c. Putaran gas  $\frac{3}{4}$ , dengan jarak 50 m

Pada saat pedal gas diinjak  $\frac{3}{4}$ , mobil dapat berjalan selama 9,45 detik untuk dapat menempuh jarak 50 m. Sehingga didapatkan :

- Kecepatan = jarak : waktu

$$\begin{aligned} V &= \frac{s}{t} \\ &= \frac{50}{9,45} \end{aligned}$$

$$= 5,29 \text{ m/s}$$

$$= 19,04 \text{ km/jam}$$

- Percepatan

$$S = V_0 \cdot t + (1/2) a \cdot t^2$$

$$50 = 0 \times 9,45 + (1/2) a \times 9,45^2$$

$$50 = a \times 44,65$$

$$a = \frac{50}{44,65}$$

$$= 1,19, \text{ m/s}^2$$

d. Putaran gas penuh, dengan jarak 50 m

Pada saat pedal gas diinjak penuh, mobil dapat berjalan selama 6,10 detik untuk dapat menempuh jarak 50 m. Sehingga didapatkan :

- Kecepatan = jarak : waktu

$$V = \frac{S}{t}$$

$$= \frac{50}{6,10}$$

$$= 8,19 \text{ m/s}$$

$$= 29,5 \text{ km/jam}$$

- Percepatan

$$S = V_0 \cdot t + (1/2) a \cdot t^2$$

$$50 = 0 \times 6,10 + (1/2) a \times 6,10^2$$

$$50 = a \times 18,6$$

$$a = \frac{50}{18,6}$$

$$= 2,6 \text{ m/s}^2$$

#### 4.1.3 Mengetahui Daya Tahan Baterai

Baterai (aki) yang digunakan pada mobil listrik adalah 3 buah dengan kapasitas 36 V 100Ah, karena dihubungkan secara seri. Untuk mengetahui daya tahan baterai (aki) yang digunakan, maka mobil listrik dijalankan pada jalan raya sampai mobil listrik berhenti atau tidak dapat berjalan lagi.

Dari hasil pengujian tersebut mobil listrik dapat menempuh jarak 3,4 km selama 47 menit. Sehingga dari hasil tersebut dapat diketahui kecepatan dan percepatan mobil listrik.

$$\text{Kecepatan} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$$

$$V = \frac{3,4 \text{ Km}}{0,78 \text{ Jam}}$$

$$V = 4,36 \text{ km/jam}$$

Percepatan

$$V_t = V_0 + a \times t$$

$$3400 = 0 + a \times 2820$$

$$3400 = a \times 2820$$

$$a = \frac{3400}{2820}$$

$$a = 1,2 \text{ m/s}^2$$

## 4.2 PENGUJIAN SINYAL SISTEM

Tujuan pengujian sinyal adalah untuk mengetahui lebar pulsa pada output sistem yang telah termodulasi. Semua pengujian sinyal dilakukan menggunakan *digital* osiloskop .

### 4.2.1 Mencari Nilai Frekuensi PWM (*Pulse Width Modulation*)

Nilai frekuensi dari PWM (*Pulse Width Modulation*) pada keadaan *minimal speed*.



Gambar 4.2 sinyal PWM pada keadaan minimal speed

Menghitung periode (  $T$  ) dari hasil pengukuran, pada osiloskop menunjuk pada 0.5 m s/Div.

Diketahui data dari osiloskop sebagai berikut :

1. Divisi (Div) = 3.3 Div

$$T = 3,3 \text{ Div} \times 0.5 \text{ m s/Div}$$

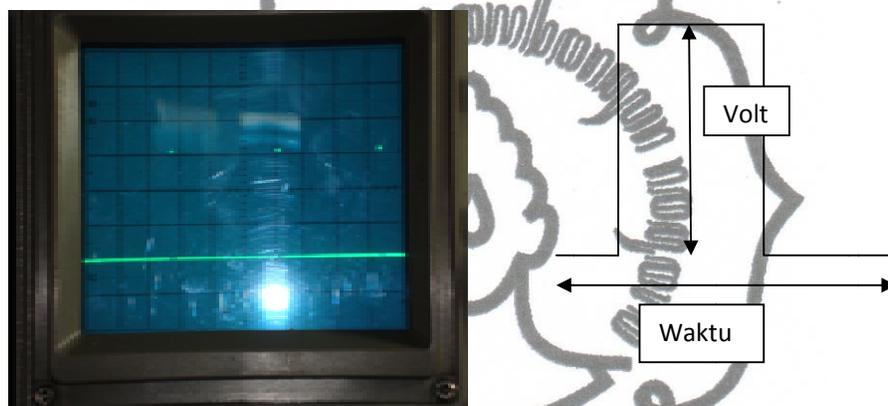
$$= 1.65 \text{ m s .}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{0.015}$$

$$f = \frac{1}{0.015} = 66.6 \text{ Hz}$$

#### 4.2.2 Perhitungan Tegangan Yang Digunakan



Gambar 4.3 Sinyal PWM

pada osiloskop menunjuk pada 5 —.

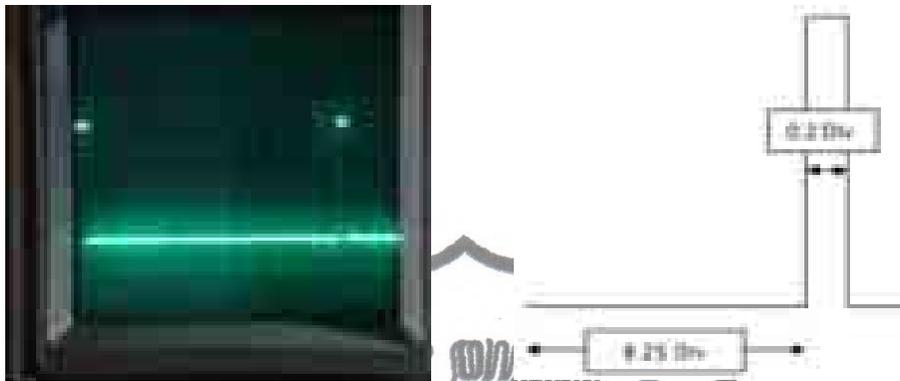
Diketahui data dari osiloskop sebagai berikut :

1. Divisi (Div) = 3 Div

$$V = 5 \text{ —} \times 3 \text{ Div}$$

$$V = 15 \text{ volt}$$

#### 4.2.3 Perhitungan (%) Prosentase Lebar Pulsa Minimum



Gambar 4.4 Sinyal PWM

(%)Prosentase Lebar Pulsa Minimum di cari saat potensio pada keadaan minimal. Pada osiloskop menunjuk pada 0,2 Div.

% duty cycle (daur aktif) minimum

$$= \frac{0.2}{8.25} \times 100\%$$

$$= 2.4\%$$

#### 4.2.4 Perhitungan (%)Prosentase Lebar Pulsa Maksimal



0,25 Div

3,6 Div

Gambar 4.5 Sinyal PWM

(%)Prosentase Lebar Pulsa maksimum di cari saat potensio pada keadaan maksimum. Pada osiloskop menunjuk pada 0.5 Div. % duty cycle (daur aktif) maksimum

$$= \frac{3.6-0.25}{3.6} \times 100\%$$

$$= 93\%$$

### 4.3 Analisa Biaya

**Tabel 4.3.1 Biaya Komponen**

#### a. Komponen PWM

NO	KOMPONEN	JUMLAH	TIPE	Rp	HARGA
1	IC Timer	1	NE555	Rp	1.000,00
2	Transistor	1	C 9012	Rp	1.000,00
		1	C 9013	Rp	1.000,00
		1	41 C	Rp	5.000,00
		1	42 C	Rp	5.000,00
3	Resistor	1	10W100 Ω	Rp	2.000,00
		1	15W100 Ω	Rp	2.000,00
JUMLAH				Rp	17.000,00

**b. Komponen Power ( Rangkaian Mosfet)**

NO	KOMPONEN	JUMLAH	TIPE	Rp HARGA
1	PCB Fiber	5	PCB Fiber 10 x 10	Rp 50.000,00
2	Resistor	40	5 Watt	Rp 40.000,00
		20	1/4 Watt	Rp 10.000,00
3	T. Block	6	T. Block 2 P	Rp 12.000,00
4	Spaser besi	32	Spaser besi 2 cm	Rp 32.000,00
5	Fan DC	2	Dc 12 Volt	Rp 40.000,00
6	Kabel	4 m	NYAF 1,5 ETERNA	Rp 20.000,00
7	Isolator mosfet	50	-	RP 7.500,00
7	Mosfet	25	IRFP 460	Rp 625.000,00
8	Heatsink	2	-	Rp 30.000,00
9	Dioda alternator	2	-	Rp 11.000,00
10	Dioda	50	3 ampere	Rp 30.000,00
11	ELCO	50	1000/50 V	Rp 95.000,00
12	Milar	50	C330	Rp 25.000,00
JUMLAH				Rp 1.027.500,00

### c. Komponen Perlengkapan

NO	KOMPONEN	JUMLAH	TIPE	Rp	HARGA
1	Tenol	2	-	Rp	40.000, 00
2	Atraktor	1		Rp	10.000, 00
3	Fuse	2	100 A	Rp	60.000, 00
4	Kabel Gas	1	-	Rp	43.000, 00
5	Per gas	1		Rp	3.000, 00
6	PCB lubang	1	-	Rp	5.000, 00
7	Handle GZ RRT	1	63 A 0-2	Rp	90.000,00
8	Kabel	4 m	NYAF 2.5 ETERNA	Rp	18.000,00
		8 m	NYAF 10 ETERNA	Rp	54.000,00
		1m	Mobil	Rp	5.000,00
9	Adaptor	1	-	Rp	25.000,00
10	Skun Kabel	30	-	Rp	30.000,00
11	Baut kecil	25	-	Rp	2.000,00
12	Baut + mur besar	2	-	Rp	3.000,00
13	Selongsong Skun	20	-	Rp	14.000,00
14	Potensio Geser	7.5	-	Rp	14.000,00
		3.5	-	Rp	5.000,00
15	Solder	2	-	Rp	40.000,00

16	Ring	10	-	Rp	1.000,00
17	Kawat neklin	1m	-	Rp	8.500,00
18	Feriklorit	1ons	-	Rp	3.000,00
19	Lem alteco	1	-	Rp	4.000,00
20	Isolasi	1	-	Rp	5.000,00
21	Double tape	1	-	Rp	12.500,00
22	Binding fuse	1	-	Rp	2.500,00
23	Mata bor	2	1mm	Rp	2.000,00
24	Isolator tape	50		Rp	7.500,00
JUMLAH				Rp	507.000,00

Biaya total pembuatan kontrol kecepatan.

1. Perlengkapan	Rp	507.000,00
2. PWM	Rp	17.000,00
3. Power ( rangkaian mosfet )	Rp	1.027.500,00
Biaya lain – lain	Rp	<u>125.000,00</u> +
	Rp	1.676.500,00

Jadi biaya total redesain kontrol kecepatan mobil listrik sebesar Rp 1.676.500,00

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembuatan kontrol kecepatan pada mobil listrik ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Mobil listrik ini bekerja dengan menggunakan motor penggerak dengan daya 3 hp, sumber tegangan 36 V 100 Ah dan putaran 2300 rpm.
2. Kontrol kecepatan pada mobil listrik menggunakan konsep PWM (*Pulse Width Modulation*).
3. Kontrol Kecepatan memiliki Frekuensi 60,6 Hz, dan tegangan 15 Volt.
4. Mobil listrik dapat menempuh jarak 3,4 km selama 47 menit dengan kecepatan 4,36 km/jam dan percepatan mobil listrik 1,2 m/s<sup>2</sup>.
5. Total biaya untuk membuat Kontrol kecepatan pada mobil listrik sebesar Rp 1.676.500,00
6. Secara teoritis ketahanan batere diperoleh selama 0,75 jam dan dapat menempuh jarak 4,32 km.

#### 5.2 Saran

1. Kontrol kecepatan ini seharusnya menggunakan *driver switching* yang mampu terhadap arus besar sehingga kontrol kecepatan lebih awet.
2. Masih banyak terjadi kelemahan didalam kecepatan yang ditempuh hal ini disebabkan beban mobil yang terlalu besar sehingga membutuhkan motor listrik dengan daya yang lebih besar.
3. Diperlukan penempatan khusus terhadap sistem kontrol kecepatan, karena harus terhindar dari air.