

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Mobil Listrik**

Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya (*Wikipedia.org*). Energi listrik dapat diperoleh dari media jala-jala PLN ataupun media lainnya dalam hal ini adalah dengan cara memanfaatkan panas matahari yang kemudian akan dikonversi menjadi energi listrik. Di era globalisasi seperti ini tentunya sangat efektif sebab dapat mengurangi polusi udara yang bisa mengganggu sistem pernapasan manusia serta mengurangi penggunaan BBM sehingga ketergantungan untuk mengimpor minyak dari luar negeripun berkurang.

##### **2.1.1 Sejarah Mobil Listrik<sup>[1]</sup>**

Dimulai pada tahun 1896 untuk mengatasi masalah pengisian baterai yang kurang optimal pada truk listrik, pemilik kendaraan membeli kendaraannya dari *General Electric Company* (GEC) tanpa baterai dan membeli baterainya di *Hartford Electric* yang merupakan perusahaan jasa untuk mengganti baterai. Pemilik kendaraan akan dikenai biaya servis bulanan dan biaya perjalanan per milnya untuk biaya perawatan truknya. Jasa pelayanan ini tersedia pada tahun 1910 sampai 1924 dan menempuh total jarak sekitar 6 juta mil. Sebelumnya pada tahun 1897, mobil listrik mulai dipakai sebagai kendaraan komersial di Amerika Serikat sebagai armada taksi listrik *New York City*, taksi ini dibuat oleh *Electric Carriage and Wagon Company Philadelphia*. Setelah itu pada tahun 1904, Jerman berhasil menciptakan mobil listrik pertamanya, dapat dilihat pada gambar 2.1.

Salah satu kekurangan mobil listrik adalah kecepatannya yang rendah. Meskipun memiliki kecepatan yang rendah, tapi mobil listrik memiliki banyak kelebihan dibandingkan kompetitornya di awal 1900-an. Mobil listrik tidak menimbulkan getaran, mobil listrik juga tidak mengeluarkan gas buang yang berbau, dan tidak berisik bila dibandingkan dengan mobil bensin. Selain itu, mobil

listrik tidak memerlukan perpindahan gigi, dimana pada mobil bensin merupakan yang menjadi penghambat besar dalam mengemudikannya. Kelebihan lainnya, mobil listrik juga tidak membutuhkan usaha keras untuk menyalakannya, tidak seperti mobil bensin yang membutuhkan tuas tangan untuk menyalakan mobilnya. Mobil listrik pada masa itu dianggap sebagai mobil yang cocok untuk pengemudi wanita karena kemudahan dalam mengoperasikannya.

Pada tahun 1911, *New York Times* menyatakan bahwa mobil listrik adalah kendaraan "ideal" karena lebih bersih, lebih senyap, dan lebih hemat daripada mobil bensin.



**Gambar 2.1** Mobil Listrik di Jerman, 1904

(sumber : [http://wikipedia.org/wiki/Mobil\\_Listrik](http://wikipedia.org/wiki/Mobil_Listrik), diakses tanggal 22 Mei 2016)

### 2.1.2 Perkembangan Mobil Listrik<sup>[1]</sup>

Krisis energi pada tahun 1970-an dan 1980-an menimbulkan kembalinya minat masyarakat akan mobil listrik. Pada awal 1990-an, *California Air Resources Board* (CARB) mulai menekan para pabrikan otomotif untuk mulai membuat mobil yang efisien dalam bahan bakar, rendah emisi, dengan tujuan akhirnya adalah membuat kendaraan emisi nol seperti kendaraan listrik. Sebagai respon, beberapa pabrikan mencoba membuat mobil listrik mereka masing-masing, seperti Chrysler TEVan, truk Pick Up Ford Ranger EV, GM EV1, pikap S10 EV, Hatchback Honda EV Plus, Miniwagon Altra EV, dan Toyota RAV4 EV.

Resesi ekonomi global pada akhir tahun 2000-an membuat banyak produsen otomotif dunia meninggalkan mobil-mobil SUV yang besar dan boros, dan beralih ke mobil-mobil kecil, hibrida, dan mobil listrik. Perusahaan otomotif asal

California, *Tesla Motors*, memulai pengembangan *Tesla Roadster* pada tahun 2004, dan kemudian diluncurkan ke publik pada tahun 2008. Sampai pada awal tahun 2012, jumlah kendaraan listrik yang diproduksi massal yang tersedia di dunia masih terbatas. Kebanyakan mobil listrik yang tersedia saat ini adalah kendaraan listrik jarak dekat (*Neighborhood Electric Vehicle*, NEV).

Indonesia tidak ketinggalan mengambil bagian dalam memproduksi mobil listrik. Walaupun masih berupa purwarupa, mobil listrik buatan anak bangsa cukup menjanjikan. Saat ini telah ada 2 model yang diketahui, yaitu Mobil listrik Ahmadi dan Tucuxi. Pada tanggal 20 Mei 2013 dilakukan diuji coba bus listrik untuk APEC 2013 Oktober. Sampai sekarang bus listrik tersebut melayani transportasi publik di Yogya. Tanggal 6 Mei 2014 ITS menorehkan rekor mobil listrik untuk dalam negeri dengan rincian jarak tempuh total 800 km, kecepatan rata-rata 120-130 km/jam serta setiap 8 jam dilakukan pengisian ulang selama 3 jam. Rute yang ditempuh adalah Jakarta – Bandung – Tasikmalaya – Purwokerto – Jogjakarta – Madiun – Surabaya.

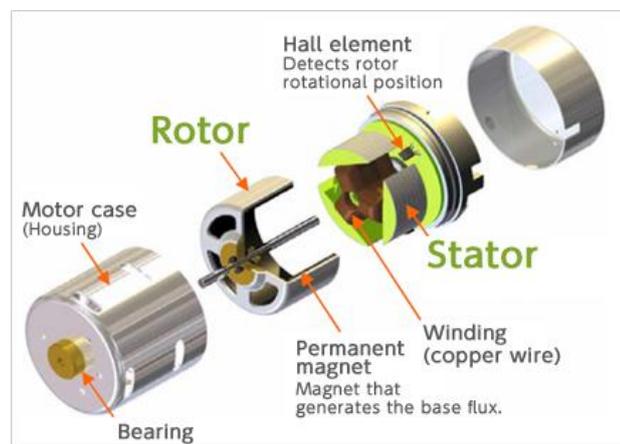
## **2.2 Motor Listrik BLDC**

Seperti yang telah dijelaskan pada subbab mobil listrik diatas bahwa mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan motor listrik maka dipilihlah motor listrik jenis BLDC, motor DC tanpa sikat, yang mempunyai torsi yang besar dan untuk mengaktifkannya tidak membutuhkan sumber listrik yang besar. Selain itu motor ini dipilih karena efisiensi yang tinggi, suaranya halus, ukuran kompak, keandalan yang tinggi dan perawatan yang rendah.

### **2.2.1 Pengertian BLDC Motor<sup>[1]</sup>**

BLDC Motor (*Brush Less Direct Current Motor*) adalah suatu jenis motor sinkron, artinya medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar di frekuensi yang sama. BLDC motor tidak mengalami slip, tidak seperti yang terjadi pada motor induksi biasa. Motor jenis ini mempunyai permanen magnet pada bagian rotor sedangkan elektro-magnet pada bagian statornya.

Dalam hal ini, motor BLDC setara dengan motor DC dengan komutator terbalik, di mana magnet berputar sedangkan konduktor tetap diam. Dalam komutator motor DC, polaritas ini diubah oleh komutator dan sikat. Namun, dalam *Brushless* motor DC, pembalikan polaritas dilakukan oleh transistor *Switching* untuk mensinkronkan dengan posisi rotor. Oleh karena itu, BLDC motor sering menggabungkan baik posisi sensor internal atau eksternal untuk merasakan posisi rotor yang sebenarnya, atau posisi dapat dideteksi tanpa sensor (*Leonard N. Elevation, 2005*).



**Gambar 2.2** Konstruksi Motor BLDC

(Sumber: <http://motor-listrik-blcd.jpg>, diakses tanggal 20 April 2015)

### 2.2.2 Konstruksi BLDC Motor<sup>[1]</sup>

Seperti pada gambar 2.2 motor BLDC memiliki dua bagian utama, rotor (bagian berputar) dan stator (bagian stasioner). Bagian penting lainnya dari motor adalah gulungan stator dan magnet rotor.

#### 2.2.2.1 Rotor

Rotor adalah bagian pada motor yang berputar karena adanya gaya elektromagnetik dari stator, dimana pada motor DC *Brushless* bagian rotornya berbeda dengan rotor pada motor DC konvensional yang hanya tersusun dari satu buah elektromagnet yang berada diantara *Brushes* (sikat) yang terhubung pada dua buah motor hingga delapan pasang kutub magnet permanen berbentuk persegi panjang yang saling direkatkan menggunakan semacam “*Epoxy*” dan tidak ada *Brushes*-nya.

Rotor dibuat dari magnet tetap dan dapat desain dari dua sampai delapan kutub magnet utara (N) atau selatan (S). Material magnetis yang bagus sangat diperlukan untuk mendapatkan kerapatan medan magnet yang bagus pula. Biasanya magnet ferrit yang dipakai untuk membuat magnet tetap, tetapi material ini mempunyai kekurangan yaitu *Flux Density* yang rendah untuk ukuran volume material yang diperlukan untuk membentuk rotor.

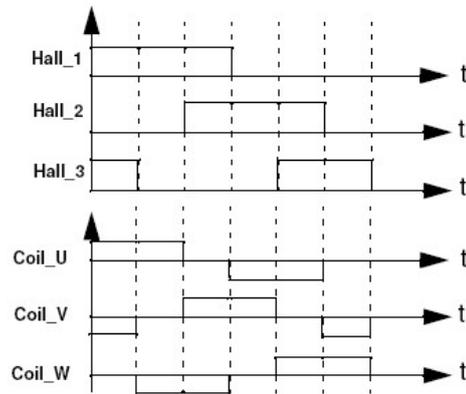
#### **2.2.2.2 Stator**

Stator adalah bagian pada motor yang diam/statis dimana fungsinya adalah sebagai medan putar motor untuk memberikan gaya elektromagnetik pada rotor sehingga motor dapat berputar. Pada motor DC *Brushless* statornya terdiri dari 12 belitan (elektromagnet) yang bekerja secara elektromagnetik dimana stator pada motor DC *Brushless* terhubung dengan tiga buah kabel untuk disambungkan pada rangkaian kontrol sedangkan pada motor DC konvensional statornya terdiri dari dua buah kutub magnet permanen.

#### **2.2.2.3 Sensor Hall**

Komutasi dari motor DC *Brushless* diatur secara elektronik agar motor dapat berputar, stator harus *Energize* secara berurutan dan teratur. Sensor hall inilah yang berperan dalam mendeteksi pada bagian rotor mana yang *Energize* oleh fluks magnet sehingga proses komutasi yang berbeda (enam step komutasi) dapat dilakukan oleh stator dengan tepat karena sensor hall ini dipasang menempel pada stator.

Untuk estimasi posisi rotor, motor ini dilengkapi dengan tiga sensor hall yang ditempatkan setiap  $120^\circ$ . Dengan sensor ini, ada 6 komutasi yang mungkin berbeda yang terlihat pada gambar 2.3. Pergantian *Fase Power Supply* tergantung pada nilai-nilai sensor hall dengan perubahan kumparan.



**Gambar 2.3** Sensor Hall Sinyal Untuk Rotasi Kanan

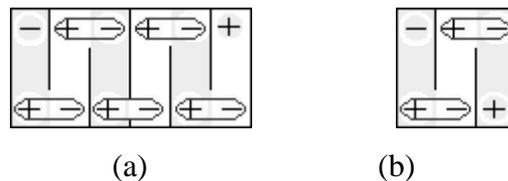
(Sumber: Azzumar Muhammad, *Jurnal Permodelan dan simulasi BLDC motor UI*, 2012)

Motor listrik BLDC tentunya memerlukan sumber listrik dengan arus yang sesuai yaitu arus DC. Arus DC untuk motor BLDC dapat dihasilkan dari 4 buah baterai jenis Aki (*Accu*) yang disusun seri untuk menghasilkan voltase yang tinggi.

### 2.3 Accu<sub>[1]</sub>

Accu adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian, cas, *charge* energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran (*discharge*) energi kimia diubah menjadi energi listrik.

Accu (dalam hal ini adalah aki: aki mobil, motor, mainan) terdiri dari sel-sel dimana tiap sel memiliki tegangan sebesar 2 V, artinya aki mobil dan aki motor yang memiliki tegangan 12 V terdiri dari 6 sel yang dipasang secara seri ( $12\text{ V} = 6 \times 2\text{ V}$ ) sedangkan aki yang memiliki tegangan 6 V memiliki 3 sel yang dipasang secara seri ( $6\text{ V} = 3 \times 2\text{ V}$ ).



**Gambar 2.4** Simulasi dalam accu

(a) Accu 12 Volt, (b) Accu 6 Volt

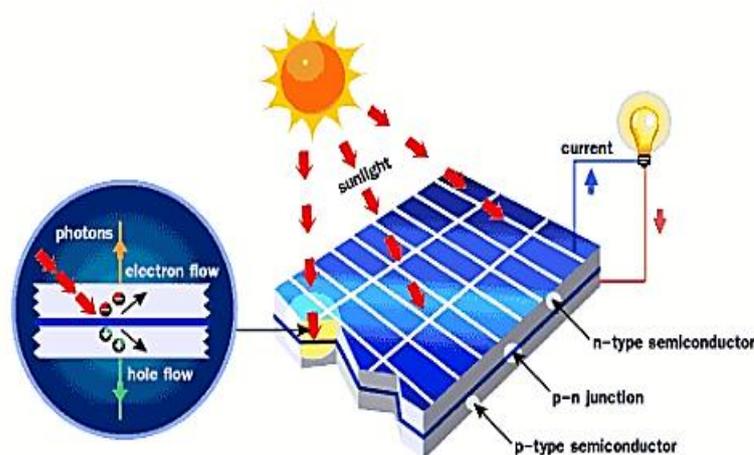
(Sumber: <http://duitklenting.blogspot.com/2013/04/definisi-dan-pengertian-battery-aki-accu.html>, diakses tanggal 29 januari 2015 pukul 13.28)

Antara satu sel dengan sel lainnya dipisahkan oleh dinding penyekat yang terdapat dalam bak accu, artinya tiap ruang pada sel tidak berhubungan karena itu cairan elektrolit pada tiap sel juga tidak berhubungan (dinding pemisah antar sel tidak boleh ada yang bocor atau merembes).

Seiring teknologi yang kian maju, perkembangan mobil listrik semakin meningkatkan kinerja serta keramah lingkungannya. Pengisian daya pada baterai tidak lagi memakai sumber listrik yang disuplai dari perusahaan listrik negara. Pengisian daya bisa menggunakan energi alternatif yang bersumber dari alam.

#### 2.4 *Solar Cell*

Salah satu teknologi energi alternatif yang bersumber dari alam dan telah banyak diaplikasikan sebagai sumber listrik adalah *Solar Cell* (panel surya). *Solar Cell* mulai populer akhir-akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan isu *Global Warming*. Energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) bisa didapatkan secara gratis. Skema *Solar Cell* dapat dilihat pada gambar 2.5.



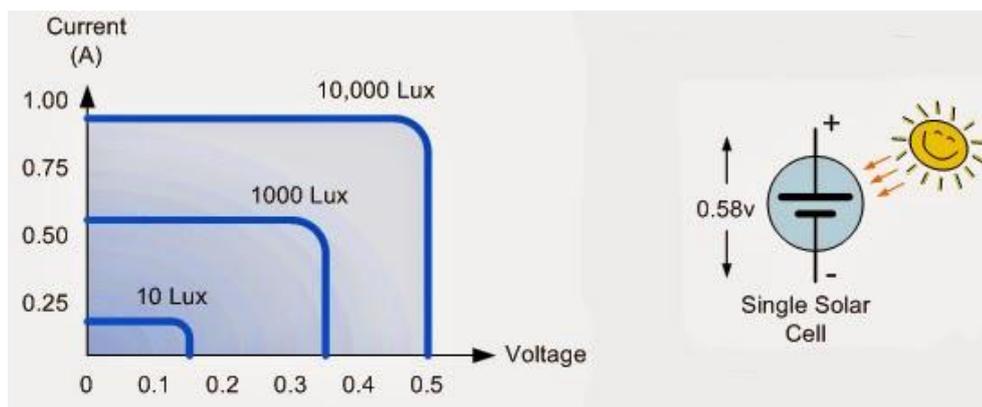
**Gambar 2.5** Skema *Solar Cell*

(Sumber : <http://solarsuryaindonesia.com/tenaga-surya>, diakses tanggal 29 mei 2016 pukul 12.40)

Panel surya dapat diaplikasikan sebagai sumber listrik untuk keperluan pada tempat tinggal ataupun pabrik, dan juga dapat diaplikasikan pada mobil listrik untuk menghemat konsumsi listrik negara.

### 2.4.1 Pengertian Solar Cell (*Photovoltaic*)

*Solar Cell* atau panel surya adalah komponen elektronika yang mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* (PV) adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak *Solar Cell* yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek *Photovoltaic*[7]. Pada gambar 2.6 berikut ini merupakan karakteristik dari *photovoltaic* berdasarkan hubungan antara intensitas cahaya dengan arus dan tegangan yang dihasilkan.



**Gambar 2.6** Karakteristik teknologi *Photovoltaic*

(sumber : <http://margionoabdil.blogspot.co.id/2015/03/sensor-cahaya-solar-cell.html>, diakses tanggal 20 juli 2016 pukul 6.04)

Berbagai teknologi telah dikembangkan dalam proses pembuatan solar cell untuk menurunkan harga produksi agar lebih ekonomis. Jenis-jenis solar cell pun saat ini telah berkembang tidak hanya berbasis pada kristal semikonduktor silikon tetapi berbagai jenis tipe dari mulai lapisan tipis, organic, lapisan single dan multi junction hingga yang terbaru jenis *dye sensitized solar cell* ([esdm.go.id](http://esdm.go.id)).

### 2.4.2 Karakteristik Solar Cell Maxeon



**Gambar 2.7** Solar Cell Maxeon

(Sumber : <https://www.tokopedia.com/energibaik/solar-panel-sunpower-maxeon-32w-monocrystalline-wafer>)

Pada gambar 2.7 merupakan bentuk dari *Solar Cell Maxeon*. *Solar Cell Maxeon* merupakan salah satu jenis *Solar Cell* yang terbaik saat ini hal ini dikarenakan spesifikasinya 22,4 % lebih baik dibandingkan yang biasa dan pada umumnya memiliki ketebalan 145 $\mu$ m, yang terbuat dari irisan bahan Monocrystalline jadi dapat dikatakan Semi Fleksibel. Apabila suatu cahaya jatuh pada permukaannya maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan yang tentunya dapat menyalakan lampu, menggerakkan motor listrik yang berdaya DC. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar bisa menghubungkan *Solar Cell* secara seri atau paralel tergantung sifat penggunaannya<sup>[1]</sup>.

Spesifikasi keseluruhan dari *Solar Cell Maxeon* yang digunakan adalah<sup>[8]</sup>:

Rated Max Power	: 3.34-3.5W 5% (w)
Grade	: A
Tegangan kerja	: 0,574 V
Bekerja sekarang	: 5.83 A
Singkat tegangan rangkaian	: 0.682V
Pendek arus	: 6.24A
Bahan	: Silikon Monocrystalline
Tebal	: 145 $\mu$ m

Panel surya bersifat bisa sebagai sumber listrik langsung dan tidak langsung sesuai dengan kemampuan *solar cell* dan alat yang akan dibebankan, artinya listrik yang dihasilkan panel surya tersebut dapat langsung dipakai pada suatu alat

dengan menyimpan listrik tersebut kedalam media penyimpanan yang berkapasitas besar salah satunya adalah Aki (*Accu*).

Pada mobil listrik, selain penggunaan *solar cell* yang dianggap sebagai tolok ukur kecanggihan mobil listrik, sistem elektronik pada mobil listrik juga dianggap salah satu fitur yang harus diperhatikan kecanggihannya. ECU (*Electronic Control System*) pada mobil listrik dibuat dengan menggunakan mikrokontroler ataupun Arduino yang akan diprogram.

## 2.5 Mikrokontroler AVR

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena di dalam sebuah mikrokontroler umumnya juga telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O, sedangkan di dalam mikroprosesor umumnya hanya berisi CPU saja (*Wikipedia.org*).

**Tabel 2.1** Perbandingan Spesifikasi dan Fitur Keluarga AVR

Seri	Flash (KBytes)	RAM (Bytes)	EEPROM (KBytes)	Pin I/O	Timer 16-bit	Timer 8-bit	UART	PWM	ADC	SPI	ISP
ATmega8	8	1024	0.5	23	1	1	1	3	6/8	1	Ya
ATmega8535	8	512	0.5	32	2	2	1	4	8	1	Ya
ATmega16	16	1024	0.5	32	1	2	1	4	8	1	Ya
ATmega162	16	1024	0.5	35	2	2	2	6	8	1	Ya
ATmega32	32	2048	1	32	1	2	1	4	8	1	Ya
ATmega128	128	4096	4	53	2	2	2	8	8	1	Ya
ATtiny12	1	-	0.0625	6	-	1	-	-	-	-	Ya
ATtiny2313	2	128	0.125	18	1	1	1	4	-	1	Ya
ATtiny44	4	256	0.25	12	1	1	-	4	8	1	Ya
ATtiny84	8	512	0.5	12	1	1	-	4	8	1	Ya

(sumber : <https://guptayp.wordpress.com/2012/05/26/sejarah-keluarga-mikrokontroler-dan-mikroprosesor/>  
diakses 29 Mei 2016)

Keterangan Spesifikasi dan Fitur Keluarga AVR<sub>[2]</sub> :

- Flash adalah suatu jenis *Read Only Memory* yang biasanya diisi dengan program hasil buatan yang harus dijalankan oleh mikrokontroler.

- RAM (*Random Acces Memory*) merupakan memori yang membantu CPU untuk penyimpanan data sementara dan pengolahan data ketika program sedang running.
- EEPROM (*Electrically Erasable Programmable ROM*) adalah memori untuk penyimpanan data secara permanen oleh program yang sedang running.
- Port I/O adalah kaki untuk jalur keluar atau masuk sinyal sebagai hasil keluaran ataupun masukan bagi program.
- Timer adalah modul dalam hardware yang bekerja untuk menghitung waktu/pulsa.
- UART (*Universal Asynchronous Receive Transmit*) adalah jalur komunikasi data khusus secara *serial asynchronous*.
- PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah fasilitas untuk membuat modulasi pulsa.
- ADC (*Analog to Digital Converter*) adalah fasilitas untuk dapat menerima sinyal analog dalam range tertentu untuk kemudian dikonversi menjadi suatu nilai digital dalam range tertentu.
- SPI (*Serial Peripheral Interface*) adalah jalur komunikasi data khusus secara serial secara *serial synchronous*.
- ISP (*In System Programming*) adalah kemampuan khusus mikrokontroler untuk dapat diprogram langsung dalam sistem rangkaiannya dengan membutuhkan jumlah pin yang minimal.

Pada sistem minimum rangkaian elektronika pada mobil listrik ini menggunakan ATmega32 sebagai prosesornya dikarenakan memiliki beberapa keunggulan daripada mikrokontroler lainnya.

### **2.5.1 Pengertian Mikrokontroler ATmega32**

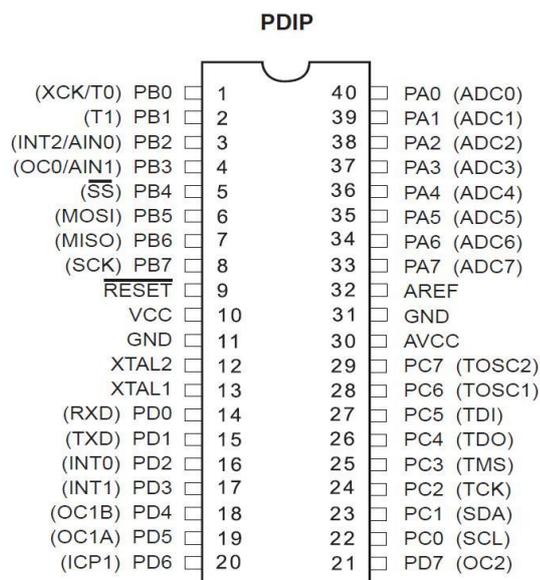
Mikrokontroler ATmega32 merupakan salah satu keluarga dari MCS-51 keluaran Atmel. Jenis Mikrokontroler ini pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengolah data per bit ataupun 8 bit secara bersamaan. Pada prinsipnya program pada Mikrokontroler dijalankan bertahap, jadi pada program itu sendiri terdapat

beberapa set instruksi dan tiap instruksi itu dijalankan secara bertahap atau berurutan.

### 2.5.2 Spesifikasi dan Konfigurasi Mikrokontroler ATmega32<sup>[3]</sup>

Fitur-fitur yang dimiliki ATmega32 sebagai berikut:

1. Frekuensi clock maksimum 16 MHz.
2. Jalur I/O 32 buah, yang terbagi dalam PortA, PortB, PortC dan PortD.
3. Analog to Digital Converter 10 bit sebanyak 8 input, 4 channel PWM.
4. Timer/Counter sebanyak 3 buah.
5. CPU 8 bit yang terdiri dari 32 register.
6. Watchdog Timer dengan osilator internal.
7. SRAM sebesar 2K Byte.
8. Memori Flash sebesar 32K Byte dengan kemampuan *read while write*.
9. Interrupt internal maupun eksternal.
10. Port komunikasi SPI.
11. EEPROM sebesar 1 Kbyte yang dapat diprogram saat operasi.
12. Analog Comparator.
13. Komunikasi serial standar USART dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.



**Gambar 2.8** Konfigurasi IC Mikrokontroler ATmega32

(sumber : <http://www.circuitstoday.com>, diakses 29 Mei 2016)

Konfigurasi *pin* pada mikrokontroler ATmega32 dapat dilihat pada gambar 2.8. Dari gambar tersebut dapat terlihat jumlah *pin* ATmega32 adalah 40 *pin* yang memiliki fungsi yang berbeda-beda yaitu:

1. Vcc merupakan *pin* yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan *pin* ground.
3. Port A (PA0-PA7) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* masukan ADC.
4. Port B (PB0-PB7) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Fungsi Khusus Port B

Pin	Fungsi Khusus
PB0	T0 T1 ( <i>Timer/Counter0 External Counter input</i> ) XCK ( <i>USART External Clock Input/Output</i> )
PB1	T1 ( <i>Timer/Counter0 External Counter Input</i> )
PB2	AIN0 ( <i>Analog Comparator Positive Input</i> ) INT2 ( <i>External Interrupt 2 Input</i> )
PB3	AIN0 ( <i>Analog Comparator Positive Input</i> ) OC0 ( <i>Timer/Counter0 Output Compare Match Output</i> )
PB4	SS ( <i>SPI Slave Select Input</i> )
PB5	MOSI ( <i>SPI Bus Master Output/Slave Input</i> )
PB6	MISO ( <i>SPI Bus Master Input/Slave Output</i> )
PB7	SCK ( <i>SPI Bus Serial Clock</i> )

5. Port C (PC0-PC7) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Fungsi Khusus Port C

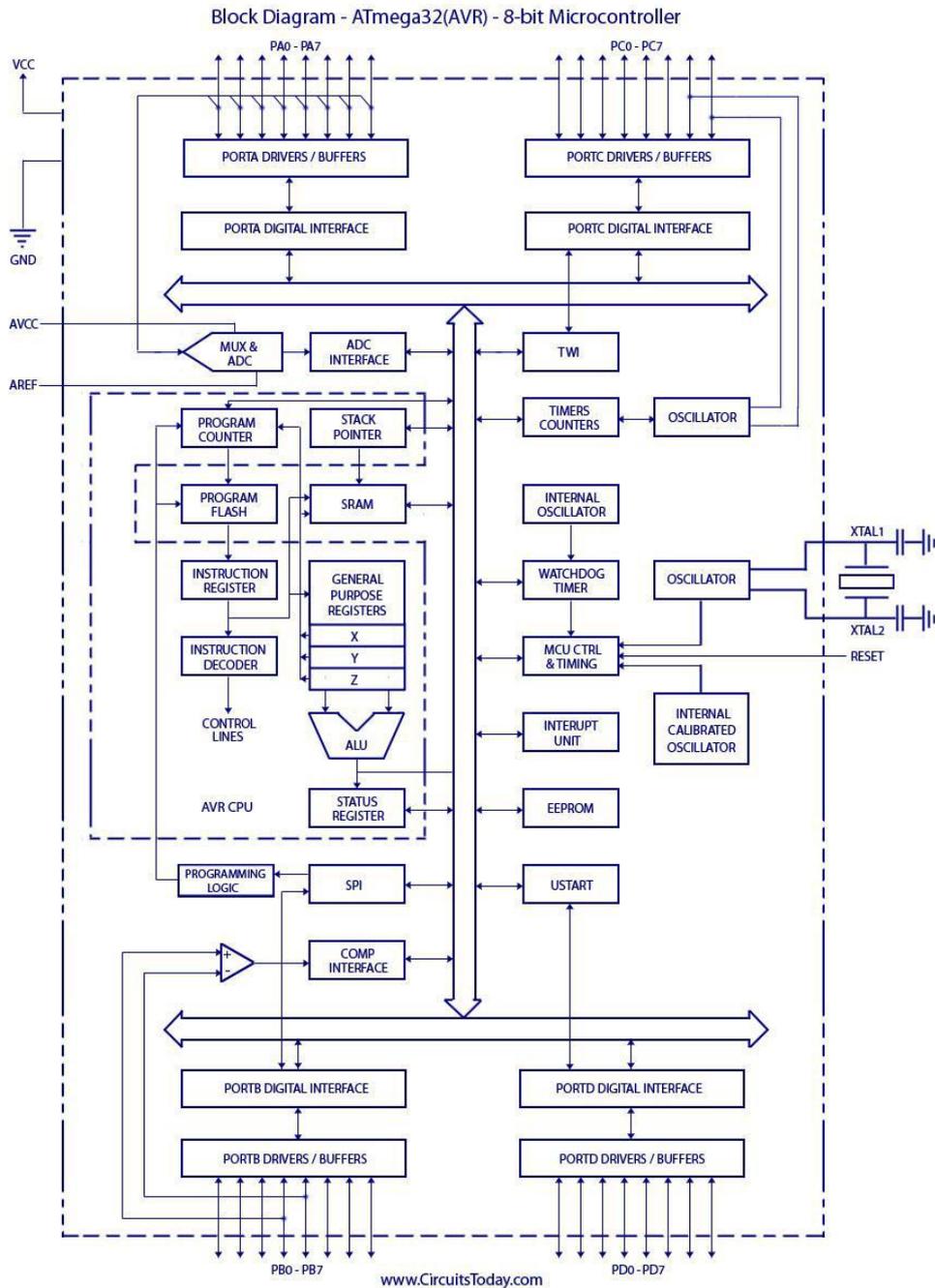
Pin	Fungsi Khusus
PC0	SCL ( <i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i> )
PC1	SDA ( <i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i> )
PC2	TCK ( <i>JTAG Test Clock</i> )
PC3	TMS ( <i>JTAG Test Mode Select</i> )
PC4	TDO ( <i>JTAG Test Data Out</i> )
PC5	TDI ( <i>JTAG Test Data In</i> )
PC6	TOSC1 ( <i>Timer Oscillator PIN1</i> )
PC7	TOSC2 ( <i>Timer Oscillator PIN2</i> )

6. *Port D* (PD0-PD7) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Fungsi Khusus Port D

<i>Pin</i>	Fungsi Khusus
PD0	RXD (USART <i>Input Pin</i> )
PD1	TXD (USART <i>Output Pin</i> )
PD2	INT0 ( <i>External / Interrupt 0 Input</i> )
PD3	INT1 ( <i>External / Interrupt 1 Input</i> )
PD4	OC1B OC1A ( <i>Timer / Counter2 Output Compare B Match Output</i> )
PD5	OC1A ( <i>Timer / Counter2 Output Compare A Match Output</i> )
PD6	ICP ( <i>Timer / Counter1 Input Capture Pin</i> )
PD7	OC2 ( <i>Timer / Counter2 Output Compare Match Output</i> )

7. RESET merupakan *pin* yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan *pin* masukan *clock* eksternal.
9. AVCC merupakan *pin* masukan tegangan ADC.
10. AREF merupakan *pin* masukan referensi ADC.



**Gambar 2.9** Blok Diagram IC ATmega32

(sumber : <http://www.circuitstoday.com>, diakses 29 Mei 2016)

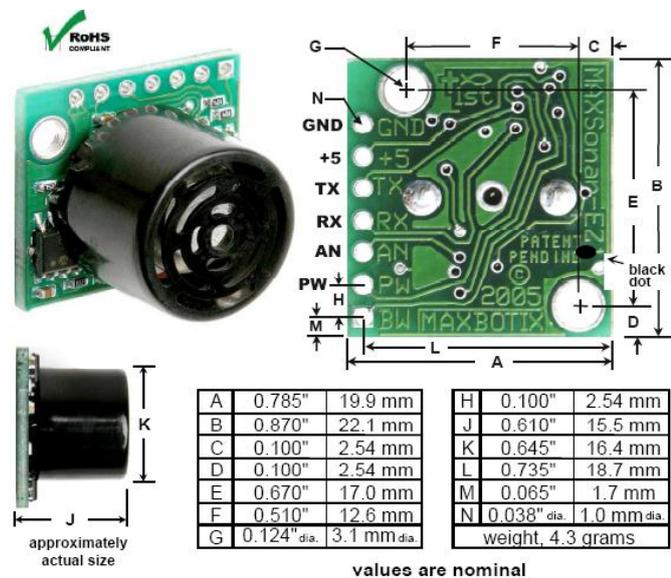
Mikrokontroler ATmega32 tidak bisa bekerja tanpa adanya program yang dimasukkan pada chip prosesor. Program harus disesuaikan dengan apa yang akan berperan sebagai input ataupun output. Pada sistem pengereman otomatis mobil

listrik, sensor ultrasonik LV-Maxsonar EZ1 merupakan input yang kemudian data yang terbaca akan diolah dan ditentukan output apa yang akan digunakan.

## 2.6 Sensor Ultrasonik LV-MaxSonar EZ1<sup>[4]</sup>

Sensor jarak berbasis ultrasonik (juga disebut transceiver karena dapat mengirim dan menerima sinyal). prinsip kerjanya seperti pada radar atau sonar yang memanfaatkan gema atau pantulan suara, dimana yang digunakan adalah suara dengan frekuensi tinggi atau disebut juga dengan ultrasonik. Sistem menggunakan *transducer* yang mengubah energi listrik menjadi suara ketika mengirim dan mengubah energi suara menjadi listrik ketika menerima suara pantulan.

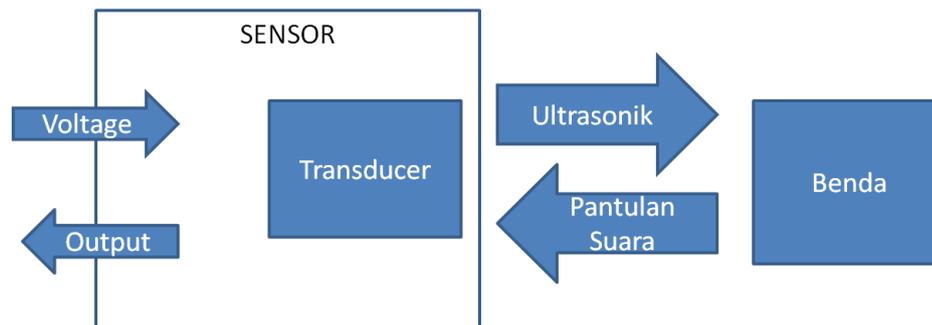
Maxbotix LV-MaxSonar –EZ1™High Performance Sonar Range Finder adalah modul sensor pengukur jarak suatu objek berbasiskan ultrasonik yang mampu mendeteksi objek dalam jarak 0 - 6.35 m atau 0 - 254 inci jika diberi catu daya 2,5 - 5,5 volt. Output sensor dapat berupa pulse width, tegangan analog, dan serial UART TTL. Sensor ini juga memiliki kelemahan, yaitu dalam range 0 - 0.15 m atau 0 - 6 inci tetap diukur 0.15 m atau 6 inci.



**Gambar 2.10** Gambar Sensor LV-MaxSonar EZ1

(sumber : [www.maxbotix.com](http://www.maxbotix.com))

Prinsip kerja sensor seperti pada gambar 2.11 ini adalah dengan memancarkan gelombang ultrasonik kemudian saat mengenai objek akan dipantulkan kembali menuju sensor dan sensor akan menerima gelombang tersebut. Kemudian sensor akan mengubahnya menjadi besaran tegangan.



**Gambar 2.11** Cara Kerja Sensor

Sensor LV Max Sonar EZ1 memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Bekerja pada catu daya 2,5 – 5,5 Volt dan menarik arus sebesar 2 mA
- Hasil pembacaan data diperbaharui secara otomatis dengan jeda 50ms (20Hz)
- Transfer function untuk output analog adalah ( $V_{cc}/512$ ) per-inci dan output pulse width 147 uS per-inci
- Konsumsi daya yang rendah, sehingga cocok untuk aplikasi yang berbasis baterai
- Memiliki output pulse width, tegangan analog, dan serial UART TTL (dapat bekerja semua pada waktu yang sama)
- Bekerja pada frekuensi 42 KHz
- Dapat dioperasikan secara otomatis dalam mengukur jarak (*free-run*) ataupun manual (*triggered*).

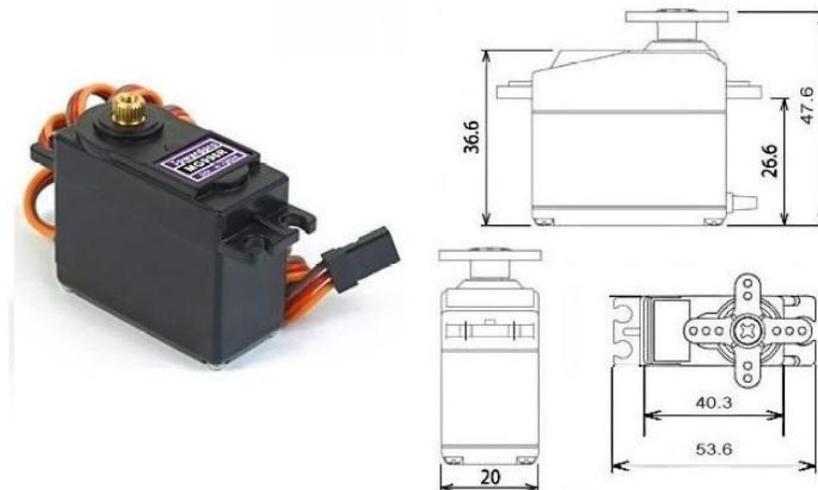
Sensor ini akan diprogram sedemikian rupa sebagai input mikrokontroler sistem pengereman otomatis. Setelah dihasilkannya data pada sensor maka selanjutnya data akan diolah dan kemudian di-output-kan pada aktuator yang berupa motor servo 180°.

## 2.7 Motor Servo 180°<sup>[5]</sup>

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.

Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinyu seperti motor DC maupun motor stepper. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinyu. Pada pengereman otomatis mobil listrik ini motor servo dimodifikasi agar pergerakan motor dengan torsi besar diikuti tertariknya pedal rem.

Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180° dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan duty cycle sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.



**Gambar 2.12** Motor Servo MG996R

(sumber : [http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MG996R\\_Tower-Pro](http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MG996R_Tower-Pro))

Gambar 2.12 merupakan *datasheet* gambar motor servo MG996R yang akan dipakai sebagai aktuator sistem pengereman otomatis mobil listrik. Spesifikasi motor servo MG996R adalah sebagai berikut<sub>[6]</sub>:

- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 9.4 kgf·cm (4.8 V), 11 kgf·cm (6 V)
- Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)
- Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V
- Running Current 500 mA – 900 mA (6V)
- Stall Current 2.5 A (6V)
- Dead band width: 5 μs
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Temperature range: 0 °C – 55 °C

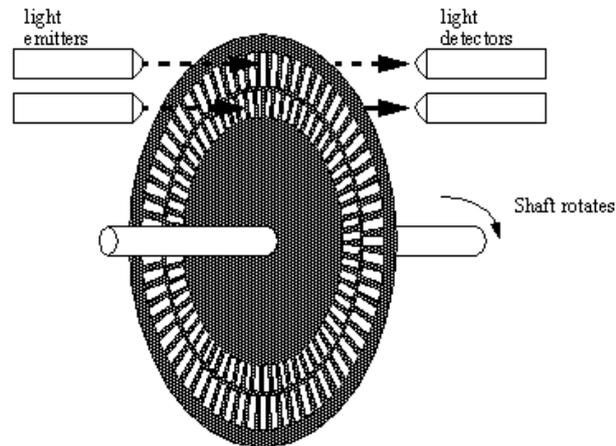
Motor servo akan bekerja apabila telah mendeteksi jarak terhadap *obstacle* yang sebelumnya telah diprogram. Tentunya hal ini berkaitan dengan kecepatan laju mobil listrik, karena pengereman dalam hal ini adalah motor servo akan bekerja jika adanya data jarak dan data kecepatan. Data kecepatan akan dihasilkan oleh sensor kecepatan yaitu *Rotary Encoder*.

## 2.8 *Rotary Encoder*<sub>[1]</sub>

*Rotary encoder* atau *Shaft Encoder* adalah suatu perangkat elektromekanik yang digunakan untuk mengkonversi perpindahan angular dari suatu poros menjadi kode-kode analog ataupun digital. Terdapat dua jenis utama dari *Rotary Encoder*, yaitu tipe absolut dan tipe *incremental*. *Absolute Rotary Encoder* menghasilkan kode yang unik untuk tiap-tiap posisi sudut poros tertentu, sedangkan *Incremental Rotary Encoder* menghasilkan kode-kode yang bisa diterjemahkan sebagai jarak perpindahan sudut relatif terhadap posisi awal. Dalam tugas akhir ini yang digunakan adalah *Rotary Encoder* tipe *Incremental* karena pertimbangan biaya yang murah untuk kecermatan pembacaan yang cukup baik.

*Incremental Encoder* bekerja dengan cara menerjemahkan putaran poros *Encoder* tersebut menjadi sinar cahaya terputus-putus yang selanjutnya diolah

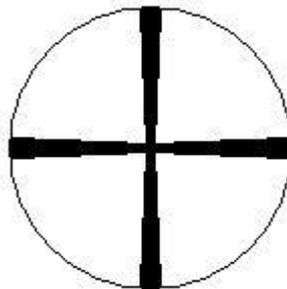
menjadi bentuk pulsa-pulsa listrik. Sinar cahaya terputus-putus tersebut dihasilkan dari konstruksi gabungan sumber cahaya, *Glass Disk*, dan photosensor.



**Gambar 2.13** Contoh Skema Konstruksi *Incremental Rotary Encoder*

(Sumber : [http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Rotary\\_Encoder](http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Rotary_Encoder))

### 2.8.1 Logika Perhitungan RPM



**Gambar 2.14** Piringan Encoder 4 Lubang

(Sumber: <http://encoder-4-lubang.jpg>, diakses tanggal 20 April 2015)

Encoder yang digunakan adalah tipe piringan yang menggunakan lubang atau garis hitam-putih, banyaknya lubang adalah 4 buah lubang maka 1 putaran = 4 lubang.

Kasus 1: Interupsi eksternal mendeteksi 2400 lubang dalam waktu 1 menit yang berarti :

1 menit terdeteksi 2400 lubang (Clock lubang), maka,  
 $2400 / 4 = 600$  putaran atau 600 RPM

Kasus 2: Interupsi eksternal mendeteksi 1800 lubang dalam waktu 30 detik yang berarti:

$$30 \text{ detik} = 30/60 = 0,5 \text{ menit}$$

$$1800 / 4 = 450 \text{ putaran dalam 30 detik, maka}$$

$$450 / 0,5 = 900 \text{ RPM}$$

Kasus 3: Interupsi eksternal mendeteksi 60 lubang dalam waktu 200 mS yang berarti:

$$200 \text{ mS} = 200 / 60000 = 0,0033333 \text{ menit}$$

$$60 / 4 = 15 \text{ putaran dalam 200 mS, maka}$$

$$15 / 0,0033333 = 4500,045 \text{ RPM}$$

Kasus 4: Interupsi eksternal mendeteksi 100 lubang dalam waktu 1 S yang berarti:

$$1 \text{ S} = 1 / 60 = 0,016667 \text{ menit}$$

$$100 / 4 = 25 \text{ putaran dalam 1 S, maka}$$

$$25 / 0,016667 = 1.499,97 \text{ RPM}$$

Berikut adalah rumus Konversi Rpm ke Kecepatan ( Km/Jam ) :

$$\text{Kecepatan ( Cm/detik )} = \text{Rps} \times 2\pi \times r$$

$$\text{Kecepatan ( Km/jam )} = \text{Kecepatan ( Cm/detik )} \times 0.036$$

Keterangan :

Rps = *Revolutions per second*

$$\text{Rpm} = \text{Rps} \times 60$$

$$2\pi = 6.28$$

r = Jari- jari piringan Encoder

$$1 \text{ Cm/detik} = 0.036 \text{ Km/Jam}$$

Gabungan antara data kecepatan dan data jarak terhadap *obstacle* akan diprogram di sistem minimum mikrokontroler sesuai dengan keinginan lalu memberikan umpan ke pedal rem dalam hal ini adalah motor servo.