

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN 2 SENSOR DAN 3 SENSOR  
PADA ROBOT PENGIKUT GARIS**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia



**Disusun Oleh :**

**Nama : Yuliardi Agung Raharyono**

**No. Mhs. : 99 524 118**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2006**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN  
2 SENSOR DAN 3 SENSOR  
PADA ROBOT PENGIKUT GARIS**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh :**

**Nama : Yuliardi Agung Raharyono**

**No.Mhs : 99 524 118**



**Yogyakarta, 18 Agustus 2006**

**Pembimbing I,**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Budi Astuti".

**(Ir.Hj. Budi Astuti, MT)**

**Pembimbing II,**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Yusuf Aziz Amrullah".

**( Yusuf Aziz Amrullah, ST )**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### PERBANDINGAN PENGGUNAAN 2 SENSOR DAN 3 SENSOR PADA ROBOT PENGIKUT GARIS

#### TUGAS AKHIR

disusun oleh :

Nama : Yuliardi Agung Raharyono

No.Mhs : 99 524 118

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat

untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 26 Agustus 2006

Tim Penguji :

Ir. Hj. Budi Astuti, MT

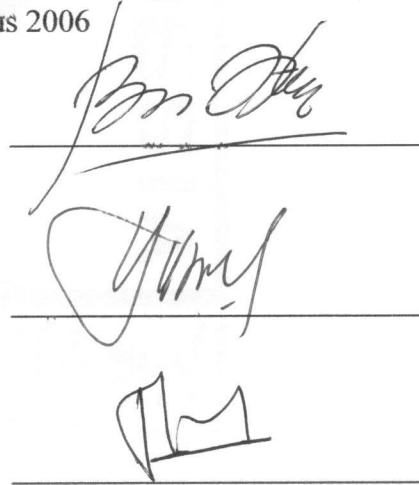
Ketua

Yusuf Aziz Amrullah, ST

Anggota I

Tito Yuwono, ST, MSc

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Tito Yuwono, ST, MSc)

## ABSTRAK

Robot bisa digunakan pada saat manusia mempunyai kendala seperti yang telah disebutkan diatas. Robot bisa membantu pekerjaan manusia seperti memindahkan atau membawa barang dari satu tempat ke tempat yang lainnya. Pengendalian mekanik robot yang dikendalikan secara otomatis ini memerlukan kemampuan mengolah data dari suatu sensor yang bisa mendeteksi jalan atau arah yang akan dilalui. Kemudian data ini nantinya diolah sehingga bisa mengendalikan gerakan robot sesuai yang diharapkan. Sensor merupakan indera pada robot, oleh karena itu diperlukan penelitian tentang penggunaan banyaknya sensor yang digunakan. Karena itu perlu diketahui berapa banyak sensor yang digunakan. Sebagai percobaan digunakan robot pengikut garis yang membandingkan 2 sensor dan 3 sensor. Mikrokontroler sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer hadir memenuhi kebutuhan pasar dan teknologi baru. Dalam penggunaannya, mikrokontroler tidak membutuhkan wadah yang besar seperti komputer umumnya. Karena bentuknya yang kecil ini, pengguna dapat mengimplementasikannya pada berbagai alat elektronika yang ada sehingga diperoleh sebuah alat yang terkendali oleh program dan bentuknya kecil. Salah satunya sebagai kendali robot pengikut garis. Robot ini diharapkan bisa berjalan sesuai dengan garis yang diinginkan. Pengujian dilakukan secara bertahap mulai dari sensor berlanjut ke mikrokontroler dan ke penggerak, dalam hal ini motor stepper. Kemudian berlanjut pada pengujian secara total robot terhadap garis. Penggunaan sedikit dan banyak sensor mempengaruhi jalannya robot. Dari hasil percobaan diperoleh lebih banyak sensor ada kecenderungan robot bisa berjalan lebih baik.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah rabbil'alamiin, puji syukur kehadirat Allah Azza Wa Jalla yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayat, melimpahkan daya dan kekuatan, semangat serta harapan, petunjuk dan harapan, sehingga dapat diselesaikannya Tugas Akhir ini dengan judul **“PERBANDINGAN PENGGUNAAN 2 SENSOR DAN 3 SENSOR PADA ROBOT PENGIKUT GARIS”**. Shalawat serta salam dilimpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, para sahabat dan pengikutnya yang setia sampai akhir jaman.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan guna menempuh ujian dalam mencapai gelar sarjana pada, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Dalam penyusunan ini telah mendapat dorongan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini dengan kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Fathul Wahid, ST. MSc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Tito Yuwono, ST. MSc. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro telah memberi ijin kepada penulis untuk menempuh tugas akhir.
3. Ibu Ir. Hj. Budi Astuti, MT. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi ijin kepada penulis untuk menempuh tugas akhir dan telah membimbing dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

4. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, ST. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dengan penuh perhatian dan kesabaran, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir, kepada beliau penulis mengucapkan banyak terima kasih.
5. Seluruh Dosen pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, yang telah banyak menyumbangkan ilmu dengan penuh tanggung jawab selama penulis menempuh kuliah.
6. Ayahanda Soeratin Wijono dan Bunda Soedjimah Haryati yang tiada henti memberikan cinta, kasih sayang, do'a dan pengorbanan untuk Agung. Agung bisa menjadi harapan Keluarga. Maafkan atas keterlambatannya.
7. Mbakku Oktavi Andriana Raharti dan masku Bripka Abdul Rochim, SH, mbakku Yulita Endah Djeki Raharti Amd.Kep. dan masku Muhammad Nurul Huda, serta keponakan-keponakanku yang paling ganteng dan cantik Gieffari Satria Abdillah dan Farahnisa Sya'sya Az-Zahra.
8. Osta Melanno, Danang Nurfuanto, Turyanto, Taufiqurrahman, M. A. H. Arroyani, ST, Slamet Abidin, ST, Novita Yurisdian, ST. Mari teruskan perjuangan para pahlawan yang membela bangsa ini dari penjajah.
9. Teman-teman jurusan Teknik Elektro UII angkatan '99, asisten laboratorium jurusan Teknik Elektro, Mas Tri, Mas Agung, terimakasih atas pinjaman alat-alatnya.
10. Ami, Ari, Hari, Jun, Rudi, Nurdin, Joko, Eko dan mantan-mantan kos Quink, Pak Dayat dan Bu Dayat sekeluarga, Mas Yanto dan Mbak Ros, kutemukan saudara baru dijogja. Selamat berjuang.

11. Semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya akan keterbatasan kemampuan dan pengalaman yang ada pada penulis, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat, Amien. Jazakumullah Khoiron Katsiron.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, Agustus 2006

Penulis

## Motto

“ Mohonlah pertolongan Allah dengan sabar dan salat.”

(QS Al Baqarah 2 : 45)

“ Orang-orang yang beriman dan selalu beramal saleh, akan mendapat surga sebagai tempat kediaman. Itulah tempat tinggal sebagai balasan atas perbuatan mereka.”

(QS As Sajdah 32 : 19)

“Ingatlah Allah dalam keadaan lapang, maka Allah akan memudahkanmu dalam keadaan sempit”

“Cintailah anak manusia, jika kau ingin merasakan sakit yang luar biasa”



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
HALAMAN MOTTO.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Perancangan.....	4
1.5 Manfaat Perancangan .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4

### **BAB II LANDASAN TEORI**

2.1 IRED ( <i>Infra Red Emiting Diode</i> ).....	5
2.2 Fototransistor .....	6
2.3 Komparator .....	7
2.4 Resistor.....	7

2.5 Kapasitor.....	9
2.6 Mikrokontroler AT89S52 .....	9
2.6.1 Konfigurasi Pin .....	10
2.6.2 Organisasi Memori .....	11
2.6.3 Memori Program .....	12
2.6.4 Memori Data .....	12
2.6.5 Port Masukan/Keluaran (PortI/O) .....	13
2.6.6 SFR ( <i>Special Function Register</i> ).....	14
2.6.7 Metode Pengalamatan.....	16
2.6.8 Sistem Interupsi.....	15
2.6.9 <i>Timer/Counter</i> .....	19
2.7 Motor Stepper .....	22
2.8 Penggerak Motor Stepper .....	24

### **BAB III PERANCANGAN ALAT DAN SISTEM**

3.1 Blok Diagram Alat .....	26
3.2 Perancangan Perangkat Keras.....	26
3.2.1 Bagian Mikrokontroler .....	27
3.2.2 Sensor Garis .....	29
3.2.3 Penggerak Motor Stepper .....	31
3.2.4 Bagian Catu Daya.....	31
3.3 Perancangan Kerangka Robot.....	32
3.4 Perancangan Perangkat Lunak.....	34
3.4.1 Diagram Alir Program .....	34

3.4.2 Subrutin Program 2 Sensor .....	35
3.4.3 Subrutin Program 3 Sensor .....	35

#### **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS**

4.1 Pengujian Alat Perbagian .....	37
4.1.1 Pengujian Sensor .....	37
4.1.2 Pengujian Mikrokontroler .....	37
4.1.3 Pengujian Motor Stepper .....	38
4.1.4 Pengujian Motor Stepper Dengan Mikrokontroler.....	39
4.2 Pengujian Robot Terhadap Garis .....	39
4.2.1 Uji Robot Terhadap Garis Lurus Dengan 2 Sensor.....	39
4.2.2 Uji Robot Pada Garis Belok Sudut Dengan 2 Sensor.....	40
4.2.3 Uji Robot Terhadap Garis Lurus Dengan 3 Sensor.....	41
4.2.4 Uji Robot Pada Garis Belok Sudut Dengan 3 Sensor.....	42
4.3 Analisa Hasil Pengujian .....	43
4.3.1 Analisa Pengujian Alat .....	43
4.3.2 Analisa Hasil Uji Robot Terhadap Garis .....	43

#### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 saran .....	46

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> a. Simbol IRED b. Gambar IRED.....	5
<b>Gambar 2.2</b> Skema Phototransistor.....	6
<b>Gambar 2.3</b> (a) Skema Komparator .....	7
(b) Karakteristik perpindahan tegangan .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Bentuk Resistor Standar .....	8
<b>Gambar 2.5</b> Prinsip dasar Kapasitor .....	9
<b>Gambar 2.6</b> Susunan pin AT89S52.....	10
<b>Gambar 2.7</b> SFR( <i>Special Function Register</i> ) .....	15
<b>Gambar 2.8</b> Sistem Interupsi pada AT89S52 .....	17
<b>Gambar 2.9</b> Konsep dasar <i>Timer/Counter</i> pada AT89S52.....	19
<b>Gambar 2.10</b> Register TCON .....	20
<b>Gambar 2.11</b> Mode 0, Pencacah Biner 13 bit.....	20
<b>Gambar 2.12</b> Mode 1, Pencacah Biner 16 bit.....	21
<b>Gambar 2.13</b> Mode 2, Pencacah Biner 8 bit dengan isi ulang otomatis .....	21
<b>Gambar 2.14</b> Mode 3, Gabungan Pencacah Biner 16 bit dan 8 bit.....	22
<b>Gambar 2.15</b> Motor Stepper .....	23
<b>Gambar 3.1</b> Blok Diagram Alat.....	26
<b>Gambar 3.2</b> Sistem Minimum.....	27
<b>Gambar 3.3</b> Skematik ISP <i>Programming</i> .....	28
<b>Gambar 3.4</b> Posisi IRED dan Phototransistor .....	29
<b>Gambar 3.5</b> (a) Jarak Sensor Pada 3 Sensor.....	30

(b) Jarak Sensor Pada 2 Sensor .....	30
<b>Gambar 3.6</b> Sensor Garis.....	30
<b>Gambar 3.7</b> Rangkaian Penggerak.....	31
<b>Gambar 3.8</b> Rangkaian Catu Daya.....	32
<b>Gambar 3.9</b> Aluminium Siku.....	32
<b>Gambar 3.10</b> Tampak Belakang Kerangka Tanpa Roda.....	33
<b>Gambar 3.11</b> Tampak Samping Kiri Kerangka .....	33
<b>Gambar 3.12</b> Tampak Depan Dengan Roda.....	33
<b>Gambar 3.13</b> Diagram Alir Sistem .....	34
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Perbandingan Uji Robot Terhadap Garis Lurus Lebar 4,5 cm .....	45
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Perbandingan Uji Robot Terhadap Garis Lurus Lebar 6,5 cm .....	45

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Fungsi Alternatif <i>Port</i> 1 .....	13
<b>Tabel 2.2</b> Fungsi Alternatif <i>Port</i> 3.....	14
<b>Tabel 2.3</b> Register IE Pada AT89S52 .....	18
<b>Tabel 2.4</b> Prioritas Interupsi .....	18
<b>Tabel 3.1</b> Urutan Data <i>Clock Wise</i> Pada Motor Stepper.....	31
<b>Tabel 3.2</b> Urutan Data <i>Counter Clock Wise</i> Pada Motor Stepper .....	31
<b>Tabel 4.1</b> Pengujian Sensor Garis.....	40
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengujian Port-Port Mikrokontroler.....	41
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Uji Motor Kiri .....	41
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Uji Motor Kanan .....	41
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Robot Berjalan Lurus .....	42
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Uji Robot Terhadap Garis Lurus Lebar 4,5 cm .....	43
<b>Tabel 4.7</b> Hasil Uji Robot Terhadap Garis Lurus Lebar 6,5 cm .....	43
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Uji Robot Terhadap Garis Belok Sudut.....	44
<b>Tabel 4.9</b> Hasil Uji Robot Terhadap Garis Lurus Lebar 4,5 cm .....	44
<b>Tabel 4.10</b> Hasil Uji Robot Terhadap Garis Lurus Lebar 6,5 cm.....	45
<b>Tabel 4.11</b> Hasil Uji Robot Terhadap Garis Belok Sudut.....	45

# BAB I

## PENDAHULUAN



### 1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi saat ini sangat mendukung hasil karya cipta manusia. Teknologi yang mulai banyak digunakan dan sedang berkembang adalah robot. Robot bisa digunakan pada saat manusia mempunyai kendala seperti yang telah disebutkan diatas. Robot bisa membantu pekerjaan manusia seperti memindahkan atau membawa barang dari satu tempat ke tempat lainnya dalam kondisi dimana manusia tidak mampu untuk melakukannya. Pengendalian mekanik robot yang dikendalikan secara otomatis ini memerlukan kemampuan mengolah data dari suatu sensor yang bisa mendeteksi jalan atau arah yang akan dilalui. Kemudian data ini nantinya diolah sehingga bisa mengendalikan gerakan robot sesuai yang diharapkan. Karena itu perlu diketahui berapa banyak sensor yang digunakan. Sebagai percobaan digunakan robot pengikut garis yang membandingkan 2 sensor dan 3 sensor.

Sebagai pengolah data dari sensor digunakan sebuah mikrokontroler. Mikrokontroler merupakan suatu sistem komputer minimum berbasis mikroprosesor yang telah dilengkapi dengan sarana *input output* dan dilengkapi dengan memori kecil serta dikemas dalam satu *chip*. Dalam penggunaannya, mikrokontroler tidak membutuhkan wadah yang besar seperti komputer umumnya. Karena bentuknya yang kecil ini, pengguna dapat mengimplementasikannya pada berbagai alat elektronika yang ada sehingga

diperoleh sebuah alat yang terkendali oleh program dan bentuknya kecil. Mikrokontroler merupakan pengembangan dari mikroprosesor yang merupakan *single chip unit CPU*, sedangkan arsitektur mikrokontroler lebih lengkap dari mikroprosesor sehingga memungkinkan mikrokontroler berfungsi sebagai *single chip computer*.

Sedangkan sebagai penggerak robot ini digunakan motor stepper. Motor stepper merupakan motor DC yang tidak memiliki komutator. Pada umumnya motor stepper hanya mempunyai kumparan pada statornya. Sedangkan pada bagian rotornya merupakan magnet permanen. Dengan model motor seperti ini maka motor stepper dapat diatur pada posisi tertentu dan atau berputar ke arah yang diinginkan, searah jarum jam atau sebaliknya.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka dibuat rumusan masalah, yaitu :

- a. Bagaimana robot tersebut bergerak melalui garis sesuai dengan arah yang diinginkan melalui sensor infra merah
- b. Bagaimana mikrokontroler digunakan bisa mengolah data dari sensor untuk menyesuaikan robot pada garis

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam melaksanakan suatu penelitian diperlukan adanya batasan-batasan agar tidak menyimpang dari yang telah direncanakan sehingga tujuan yang sebenarnya dapat dicapai.



Batasan-batasan yang diperlukan yaitu :

- a. Robot ini bergerak sesuai dengan garis yang diberikan pada daerah yang mempunyai lebar garis tertentu.
- b. Sensor pada robot ini menggunakan *IRE*D (*Infra Red Emitting Diode*) dan *Phototransistor*.
- c. Pengendali dasar menggunakan mikrokontroler.
- d. Penggerak pada robot ini menggunakan motor stepper.
- e. Jalur yang digunakan pada robot ini menggunakan isolatip yang berwarna hitam.

#### **1.4 Tujuan Perancangan**

Tujuan umum dari perancangan ini adalah untuk mengetahui bagaimana suatu motor bisa bergerak sesuai dengan keinginan. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mempelajari dan memanfaatkan infra merah sebagai sensor.
- b. Untuk mengetahui cara kerja *Microcontroller* untuk pengendalian.

#### **1.5 Manfaat Perancangan**

Dengan dilakukan perancangan ini diharapkan dapat menghasilkan suatu alat yang tidak terpengaruh terhadap radiasi dan bisa bergerak secara otomatis sesuai data yang diberikan. Pada perancangan ini penyusun juga mengharapkan mendapat manfaat sehingga bisa memberikan kontribusi perkembangan teknologi terutama di bidang robotika.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, dengan masing-masing bab adalah sebagai berikut :

### **BAB I : Pendahuluan**

Berisi tentang latar belakang masalah yang memuat keterangan yang menyebabkan timbulnya masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II : Landasan Teori**

Bab ini memuat teori-teori yang berhubungan dengan penulisan dan pembuatan robot ini.

### **BAB III: Perancangan Sistem**

Bagian ini menjelaskan perancangan yang dilakukan, bagian-bagian yang terlihat dan penjelasan cara kerja masing-masing bagian.

### **BAB IV : Analisis dan Pembahasan**

Bab ini membahas tentang hasil dari sistem yang dibuat dibandingkan dengan dasar teori sistem.

### **BAB V : Penutup**

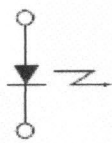
Bab ini memuat kesimpulan dan saran-saran dari proses perancangan, implementasi sistem, juga keterbatasan-keterbatasan yang ditemukan dan asumsi-asumsi yang dibuat selama melakukan tugas akhir.

## BAB II

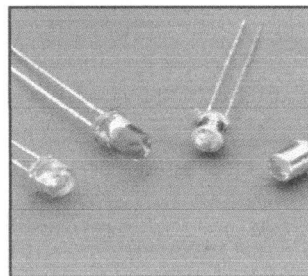
### LANDASAN TEORI

#### 2.1 IRED (*Infra Red Emitting Diode*)

IRED adalah jenis dioda yang dapat memancarkan cahaya infra merah. Cahaya yang dikeluarkan mempunyai panjang gelombang yang kecil. Tidak seperti lampu pijar, memancarkan cahaya terang, infra merah ini tidak dapat dilihat dengan mata. Ukurannya kecil, bisa dioperasikan dalam jangka waktu yang lama serta membutuhkan daya rendah. Pancaran cahaya infra merah tidak dapat menembus benda-benda padat, tetapi akan dipantulkan.



(a)



(b)

**Gambar 2.1.** a. Simbol IRED b. Gambar IRED

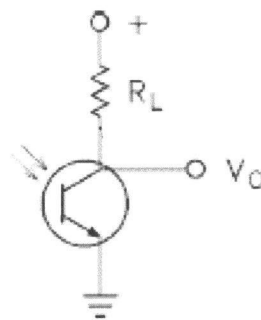
Dioda ini dibuat dari bermacam-macam material semikonduktor. Puncak gelombang cahayanya tergantung dari material yang dipilih dan bagaimana dioda ini dibuat. Implementasi dari infra merah ini biasanya sebagai perantara komunikasi yang berada pada ruangan yang relatif kecil dan tertutup. Infra merah bisa digunakan sebagai sistem keamanan, pena cahaya, sensor arah pada *joystick*,

*remote control* alat-alat elektronik seperti televisi, *air conditioner*, radio tape dan peralatan audio visual lainnya.

## 2.2 Fototransistor

Fototransistor adalah sebuah jenis transistor yang cara kerjanya berhubungan dengan cahaya. Pada umumnya cahaya yang diperlukan untuk mengaktifkan fototransistor adalah cahaya infra merah. Fototransistor jika dilihat dari cara kerjanya hampir sama dengan sebuah saklar cahaya, apabila terkena sinar infra merah maka kaki kolektor-emitor akan tersambung dan berfungsi sebagai saklar yang terhubung singkat. Akan tetapi apabila fototransistor tidak terkena cahaya infra merah atau hanya terkena cahaya biasa maka kaki kolektor-emitor tidak terhubung.

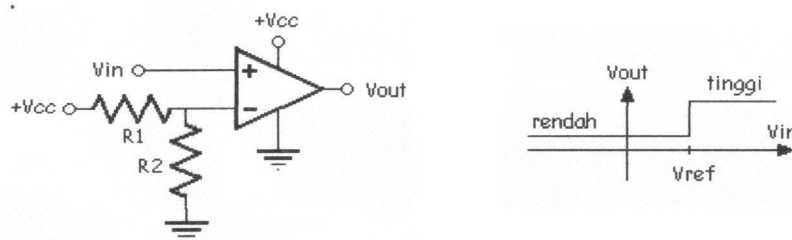
Dalam penerapannya fototransistor sangatlah mudah dalam merangkainya, hanya dengan menambahkan sebuah resistor pada kaki kolektor sebelum dihubungkan dengan  $V_{cc}$ , sedangkan kaki emitor dihubungkan dengan ground. Sedangkan outputnya diambil dari kaki kolektor.



**Gambar 2.2** Skema fototransistor

### 2.3 Komparator

Komparator merupakan penguat operatif dengan loop terbuka (tidak ada resistor umpan balik). Karena penguatan tinggi dari penguat operatif tegangan kesalahan yang sedikit (secara tipikal dalam mikrovolt) menimbulkan ayunan (swing) output maksimum. Misalnya, jika  $V_{in}$  lebih besar dari  $V_{ref}$ , tegangan kesalahan adalah positif dan tegangan output menuju ke harga positif maksimumnya secara tipikal 1 sampai 2 V kurang dari tegangan catu. Dipihak lain jika  $V_{in}$  kurang dari  $V_{ref}$ , tegangan output berayun ke harga negatif maksimum. Perbandingan dari  $V_{in}$  dan  $V_{ref}$  menghasilkan output positif atau negatif jenuh, tergantung pada apakah  $V_{in}$  lebih besar atau lebih kecil dari  $V_{ref}$ .

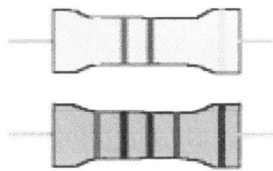


**Gambar 2.3** (a) Skema komparator (b) Karakteristik perpindahan tegangan

### 2.4 Resistor

Resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam satu rangkaian. Sesuai dengan namanya resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan simbol  $\Omega$  (Omega).

Pada dasarnya semua bahan memiliki sifat resistif namun beberapa bahan seperti tembaga, perak, emas dan bahan metal umumnya memiliki resistansi yang sangat kecil. Bahan-bahan tersebut menghantar arus listrik dengan baik, sehingga dinamakan konduktor. Kebalikan dari bahan yang konduktif, bahan material seperti karet, gelas, karbon memiliki resistansi yang lebih besar menahan aliran elektron dan disebut sebagai insulator.



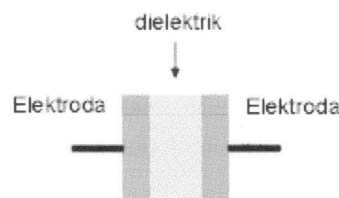
**Gambar 2.4** Bentuk resistor standar

Tipe resistor yang umum adalah berbentuk tabung dengan dua kaki tembaga di kiri dan kanan. Pada badannya terdapat lingkaran membentuk gelang kode warna untuk memudahkan pemakai mengenali besar resistansi tanpa mengukur besarnya dengan Ohmmeter. Kode warna tersebut adalah standar manufaktur yang dikeluarkan oleh EIA (*Electronic Industries Association*).

Resistansi dibaca dari warna gelang yang paling depan ke arah gelang toleransi berwarna coklat, merah, emas atau perak. Biasanya warna gelang toleransi ini berada pada badan resistor yang paling pojok atau juga dengan lebar yang lebih menonjol, sedangkan warna gelang yang pertama agak sedikit ke dalam. Dengan demikian pemakai sudah langsung mengetahui berapa toleransi dari resistor tersebut

## 2.5 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. 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 2.5** Prinsip dasar kapasitor

## 2.6 Mikrokontroler AT89S52

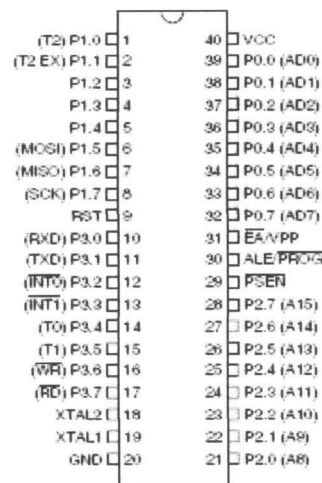
Mikrokontroler sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer hadir memenuhi kebutuhan pasar dan teknologi baru. Sebagai teknologi baru, yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruangan yang sangat kecil serta dapat diproduksi secara masal (dalam jumlah banyak) sehingga harganya menjadi lebih

murah. Mikrokontroler adalah suatu rangkaian terintegrasi (*IC*) yang bekerja untuk aplikasi-aplikasi pengendalian. Untuk mendukung fungsi pengendaliannya, maka suatu mikrokontroler memiliki bagian-bagian sebagai berikut :

1. *Central Processing Unit* (CPU)
2. *Read Only Memory* (ROM)
3. *Random Access Memory* (RAM)
4. *Pewaktu / Pencacah*
5. *Unit I/O* (Serial/Parallel)

Fasilitas-fasilitas serta keunggulan yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89S52 adalah sebagai berikut : 8 Kbyte *Flash Memory*, 256 x 8-bit internal RAM, 32 *Programmable I/O Lines*, tiga *Timer/Counter* 16-bit, 8 sumber interupsi, *Full Duplex UART*, *Watchdog timer*, *Dual Data Pointer*, ISP dan lain sebagainya.

### 2.6.1 Konfigurasi Pin



**Gambar 2.6** Susunan pin AT 89S52



Konfigurasi pin AT89S52 terdiri atas :

1. *Port 0*, *port I/O* dan bus alamat rendah (A0..A7)
2. *Port 1*, *port I/O*
3. *Port 2*, *port I/O* dan bus alamat tinggi (A8..A15)
4. *Port 3*, *port I/O* dan sinyal kendali
5. RST merupakan input *reset*
6. ALE/PROG, ALE (*Address Latch Enable*) diberi alamat rendah bila digunakan EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*) di luar, tetapi bila digunakan EPROM internal maka kaki ini berfungsi untuk menerima pulsa program selama proses pemrograman.
7. X1 dan X2 merupakan pin masukan dan keluaran ke penguat osilator

### 2.6.2 Organisasi Memori

Produk-produk mikrokontroler AT89S52 dari Atmel memiliki ruang alamat memori data dan program yang terpisah. Pemisahan memori program tersebut membolehkan memori data diakses dengan alamat 8 bit, sehingga dapat dengan cepat dan mudah disimpan dan dimanipulasi oleh CPU 8-bit. Namun demikian, alamat memori data 16-bit bisa juga dihasilkan melalui register DPTR (*Data Pointer*).

Memori program hanya bisa dibaca saja. Terdapat memori program yang bisa diakses langsung hingga 64 Kbyte. Sedangkan *strobe* (tanda) untuk mengakses program memori eksternal melalui sinyal atau *program strobe enable*. Memori data menempati suatu ruang alamat yang terpisah dari memori program.

memori eksternal dapat diakses secara langsung hingga 64 Kbyte dalam ruang memori data eksternal. CPU akan memberikan sinyal baca dan tulis, *RD* dan *WR*.

### 2.6.3 Memori Program

Memori program adalah memori yang digunakan untuk menyimpan program aktual mikrokontroler. Setelah Reset, CPU mengerjakan program mulai dari lokasi 0000h. Panjang memori maksimal mencapai 64 Kbyte dengan memori internal sebesar 4 Kbyte. Selain itu dimungkinkan untuk memiliki 4 Kbyte memori dalam *chip* dan 64 Kbyte diluar *chip*.

### 2.6.4 Memori Data

AT89S52 memiliki memori data internal sebanyak 128 byte. Memori internal dari AT89S52 terbagi dua yaitu : internal RAM dan *Special Function Register* (SFR).

Ruang memori dibagi menjadi tiga blok, yaitu = sebagai lower 128, upper 128 dan ruang SFR. Peta memori internal AT89S52 sebesar 128 Kbyte, 32 byte rendah dikelompokkan dalam 4 bank dan 8 register yang terdiri dari R0 hingga R7. Untuk memilih register bank yang akan digunakan diatur melalui kombinasi 2 bit pada program State Word (PSW).

Salah satu keunggulan dari AT89S52 adalah IC ini memiliki prosesor yang mampu bekerja dalam *bit* (*Boolean processor*) sehingga memungkinkan pemrograman memanipulasi data baik dalam *bit* maupun *byte* dan juga melalui register khusus SFR.

### 2.6.5 Port Masukan/Keluaran (Port I/O)

Mikrokontroler AT89S52 mempunyai 4 port masukan/keluaran (I/O port) yang diberi nama *port 0*, *port 1*, *port 2* dan *port 3*. setiap port selain sebagai jalur masukan/keluaran data, juga memiliki karakteristik masing-masing.

*Port 0* dapat berfungsi sebagai jalur keluar/masuk data dan juga sebagai port untuk 8 bit dibawah (*low order bit*) alamat memori eksternal. Port ini berada pada alamat 80H. *Port 1* berfungsi sebagai jalur keluar/masuk data ke mikrokontroler. Port ini menempati alamat 90H pada daerah memori *special function register* selain sebagai piranti I/O port 1 juga mempunyai fungsi yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1** Fungsi Alternatif *Port 1*

Port Pin	Fungsi Alternatif
P1.0	Masukan Eksternal pewaktu/pencacah 2
P1.1	Pemicu <i>Capture/Reload</i> pewaktu/pencacah 2
P1.5	MOSI (Master data output, slave data pin untuk ISP)
P1.6	MISO (Master data input, slave data output pin untuk ISP)
P1.7	SCK (Master clock input, slave data input pin untuk ISP)

*Port 2* berada pada alamat A0H dan memiliki karakteristik yang mirip dengan *Port 0*, yaitu dapat digunakan untuk menyatakan 8 bit atas (*high order bit*) alamat memori eksternal. *Port 3* terletak di alamat B0H dan selaian berfungsi sebagai jalan masuk atau keluar data, dapat juga digunakan untuk fitur-fitur khusus yang dapat dilihat pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Fungsi Alternatif Port 3

Port Pin	Fungsi Alternatif
P3.0	RXD ( <i>port</i> untuk masukan <i>serial</i> )
P3.1	TXD ( <i>port</i> untuk keluaran <i>serial</i> )
P3.2	INT0 (untuk melayani interupsi eksternal 0)
P3.3	INT1 (untuk melayani interupsi eksternal 1)
P3.4	T0 (untuk masukan eksternal <i>timer</i> 0)
P3.5	T1 (untuk masukan eksternal <i>timer</i> 1)
P3.6	WR ( <i>eksternal data memory write strobe</i> )
P3.7	RD ( <i>eksternal data memory read strobe</i> )

### 2.6.6 SFR (*Special Function Register*)

SFR (*Special Function Register*) ini terletak pada 128 *byte* bagian atas memori data internal dengan alamat 80H-FFH. Register ini dapat diakses dengan pengalamatan langsung baik per *bit* maupun per *byte*.

Fungsi-fungsi SFR adalah sebagai berikut:

1. *Accumulator* atau ACC (alamat E0H) merupakan register yang menerima hasil dari operasi ALU (*Arithmetic Logic Unit*).
2. Register B (alamat F0H) merupakan register yang berfungsi untuk operasi perkalian dan pembagian. Pada proses perkalian register ini berisi bilangan kedua yang akan dikalikan dengan bilangan pertama yang disimpan di ACC. Hasil perkalian disimpan lagi pada ACC (8 *byte* rendah) dan pada register B (8 *byte* tinggi).
3. *Program Status Word* atau PSW (alamat D0H) merupakan register yang berisi status proses dan menggambarkan kejadian di ACC sebelumnya.

4. *Stack Pointer* atau SP (alamat 81H) merupakan register 8 *bit* yang dapat diletakkan di alamat manapun pada RAM internal. Selama instruksi PUSH dan CALL register ini digunakan sebagai penampung data sementara sebelum data disimpan. Pada saat *reset*, register SP diinisialisasi pada alamat 07H, sehingga *stack* akan dimulai pada lokasi 08H.
5. *Data Pointer* atau DPTR (alamat 82H dan 83H) merupakan register 16 *bit* yang terdiri atas 2 register 8 *bit* yaitu DPH (*byte* tinggi) dan DPL (*byte* rendah). DPTR berfungsi untuk menyimpan alamat memori eksternal dan digunakan oleh instruksi-instruksi yang mengakses memori eksternal. Karena jumlah *bit* DPTR adalah 16, maka DPTR mampu mengamati memori eksternal sampai dengan 64 Kbyte.

Byte address	Bit address	
FF		
F0	F7   F6   F5   F4   F3   F2   F1   F0	B
E0	E7   E6   E5   E4   E3   E2   E1   E0	ACC
D0	D7   D6   D5   D4   D3   D2   —   D0	PSW
B8	—   —   —   BC   BB   BA   B9   B8	IP
B0	B7   B6   B5   B4   B3   B2   B1   B0	P3
A8	AF   —   —   AC   AB   AA   A9   A8	IE
A0	A7   A6   A5   A4   A3   A2   A1   A0	P2
99	not bit addressable	SBUF
98	9F   9E   9D   9C   9B   9A   99   98	SCON
90	97   96   95   94   93   92   91   90	P1
8D	not bit addressable	TH1
8C	not bit addressable	TH0
8B	not bit addressable	TL1
8A	not bit addressable	TL0
89	not bit addressable	TMOD
88	8F   8E   8D   8C   8B   8A   89   88	TCON
87	not bit addressable	PCON
83	not bit addressable	DPH
82	not bit addressable	DPL
81	not bit addressable	SP
80	87   86   85   84   83   82   81   80	P0

Special Function Registers

**Gambar 2.7** SFR(Special Function Register)

### 2.6.7 Mode Pengalamatan

Mode pengalamatan yang digunakan oleh AT89S52 adalah pengalamatan langsung, pengalamatan tidak langsung, dan pengalamatan berindeks. Dalam pengalamatan langsung, operan-operan ditentukan berdasar alamat 8-bit (1 byte) dalam suatu instruksi. Hanya RAM data internal dan SFR saja yang bisa diakses langsung.

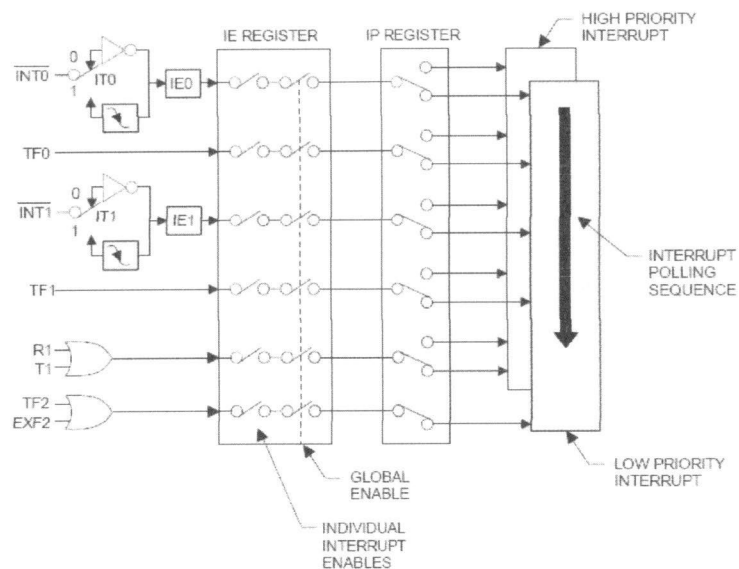
Sedangkan pengalamatan tak langsung, instruksi menentukan suatu register yang digunakan untuk menyimpan alamat operan. Baik RAM internal maupun eksternal dapat diakses secara tak langsung. Register alamat untuk alamat-alamat 8-bit bisa menggunakan *Stack Pointer* atau R0 atau R1 dari bank register yang dipilih. Sedangkan untuk alamat 16-bit hanya bisa menggunakan register pointer data 16-bit atau DPTR.

Pengalamatan berindeks hanya dapat digunakan untuk membaca memori program dan instruksi lompat. Pengalamatan ini memerlukan alamat dasar yang disimpan di register sebagai alamat awal pembaca data. Register yang dapat digunakan untuk menyimpan alamat dasar adalah DPTR dan PC.

### 2.6.8 Sistem Interupsi

AT89S52 menyediakan 6 sumber interupsi: dua interupsi eksternal, dua interupsi timer sebuah interupsi port serial dan sebuah interupsi Timer 2. Interupsi eksternal dapat diaktifkan dengan aktivasi tingkat (*level activated*) dan aktivasi transisi (*transition activated*), dimana aktivasi ini tergantung pada bit IT0 dan IT1 dalam register TCON. Tanda atau *flag* yang sesungguhnya menghasilkan interupsi ini adalah bit-bit IE0 (TCON.1) dan IE1 (TCON.3)

dalam register TCON. Saat rutin layanan interupsi dijalankan, mikrokontroler secara otomatis akan menolak tanda interupsi yang terkait asal interupsi tersebut diaktivasi dengan transisi. Jika aktivasi secara tingkat, maka sumber eksternallah yang mengontrol tanda interupsi tersebut.



**Gambar 2.8** Sistem Interupsi pada AT89S52

Interupsi *Timer 0* dan *Timer 1* dihasilkan oleh *flag-flag* TF0 dan TF1, terjadi pada saat muncul limpahan pada masing-masing *Timer* (kecuali *Timer 0* pada Mode 3). Saat terjadi *Timer*, mikrokontroler akan menolak tanda-tanda tersebut saat rutin layanan interupsi dijalankan.

Interupsi port serial terjadi baik pada saat RI=1 dan TI=1 (pada saat selesai penerimaan atau pengiriman data). Dalam hal ini bit-bit RI dan TI harus di-nol-kan secara manual melalui program yang ditulis. Kedua port serial ini digabung menggunakan OR. Begitu juga dengan interupsi *Timer 2* (TF2) dan

masuk ke eksternal 2 (EXF2). Hasil dari masing-masing gerbang OR tersebut kemudian akan menghasilkan interupsi yang bisa diaktifkan melalui bit IE.4 untuk RI dan TI dan IE.5 untuk TF2 atau EXF2. Interupsi *Timer 2* dihasilkan baik pada saat TF2=1 (limpahan *Timer 2*) maupun EXF2=1. Sama seperti RI dan TI, bit-bit *Timer* ini harus di-nol-kan secara manual melalui program yang ditulis.

**Tabel 2.3** Register IE pada AT89S52

Simbol	Posisi	Fungsi
EA	IE.7	Untuk menghidupkan diisi 1 dan mematikan diisi 0 untuk seluruh interupsi secara serempak
-	IE.6	Cadangan, digunakan pada Mikrokontroler Atmel selanjutnya
ET2	IE.5	Bit aktivasi interupsi <i>Timer 2 Overflow</i>
ES	IE.4	Bit aktivasi interupsi Port serial
ET1	IE.3	Bit aktivasi interupsi <i>Timer 1 Overflow</i>
EX1	IE.2	Bit aktivasi interupsi eksternal 1
ET0	IE.1	Bit aktivasi interupsi <i>Timer 0 Overflow</i>
EX0	IE.0	Bit aktivasi interupsi eksternal 0

**Tabel 2.4** Prioritas Interupsi

Bit	Simbol	Alamat bit	Keterangan (1= level tinggi, 0= level rendah)
IP.7	-	-	
IP.6	-	-	
IP.5	PT2	BDh	Prioritas untuk Interupsi <i>Timer 2</i>
IP.4	PS	BCh	Prioritas untuk Interupsi Port serial
IP.3	PT1	BBh	Prioritas untuk Interupsi <i>Timer 1</i>
IP.2	PX1	BAh	Prioritas untuk Interupsi eksternal 1
IP.1	PT0	B9h	Prioritas untuk Interupsi <i>Timer 0</i>
IP.0	PX0	B8h	Prioritas untuk Interupsi eksternal 0

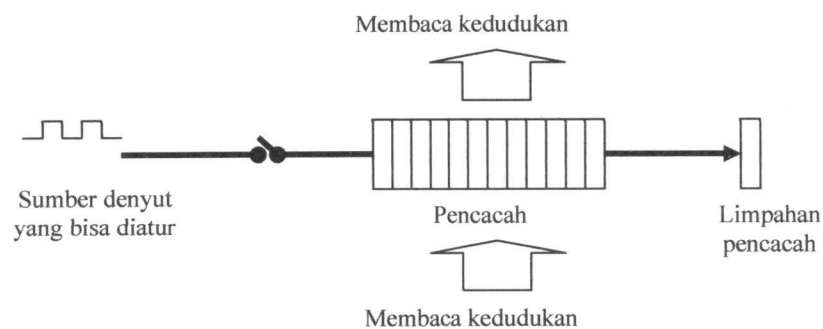


Semua bit yang menyebutkan terjadinya interupsi bisa di-set atau di-nolkan melalui perangkat lunak dan hasilnya sama jika dilakukan melalui perangkat keras. Dengan demikian interupsi bisa dihasilkan maupun dibatalkan melalui program. Masing-masing interupsi dapat diprogram tingkat prioritasnya dengan mengatur bit-bit yang terkait pada register IP (alamat B8h).

### 2.6.9 *Timer/Counter*

AT89S52 mempunyai 3 timer yang masing-masing dinamakan sebagai *Timer 0*, *Timer 1* dan *Timer 2*.

Pada dasarnya sarana masukan yang satu ini merupakan seperangkat pencacah biner yang terhubung langsung ke saluran data mikrokontroler sehingga mikrokontroler bisa membaca kondisi pencacah dan bila diperlukan dapat pula merubah kondisi pencacah tersebut. Seperti layaknya pencacah biner saat sinyal *clock* yang diberikan sudah melebihi kapasitas pencacah maka pencacah akan memberikan sinyal *overflow*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut :

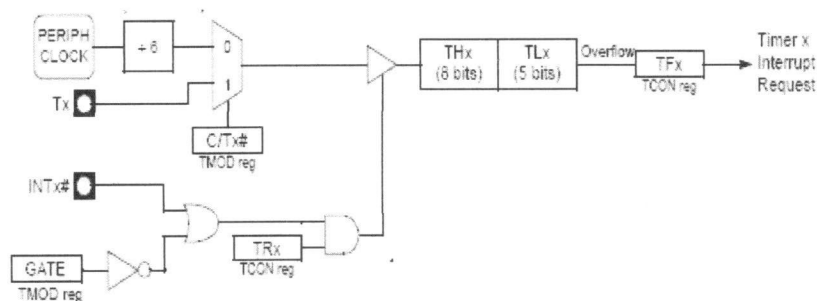


**Gambar 2.9** Konsep dasar *Timer/Counter* pada AT89S52

7	6	5	4	3	2	1	0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

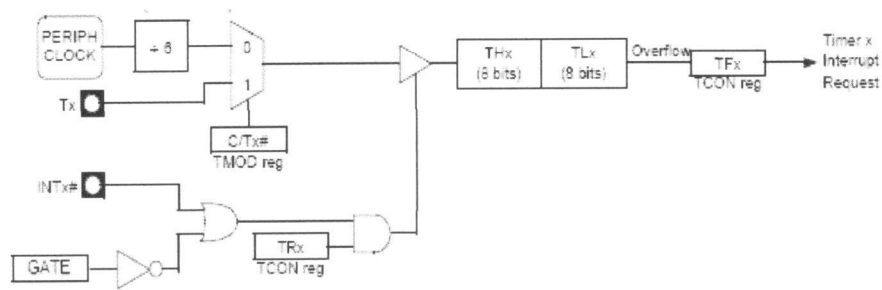
**Gambar 2.10** Register TCON

Pada Mode 0, Pencacah biner dibentuk dengan TLx (bisa TL0 atau TL1) sebagai pencacah biner 5 bit(meskipun sesungguhnya 8 bit), limpahan dari pencacah biner 5 bit ini dihubungkan ke THx (bisa TH0 atau TH1) membentuk sebuah untai pencacah biner 13 bit, limpahan dari pencacah 13 bit ini ditampung di TFx (bisa TF0 atau TF1) yang berada pada register TCON.



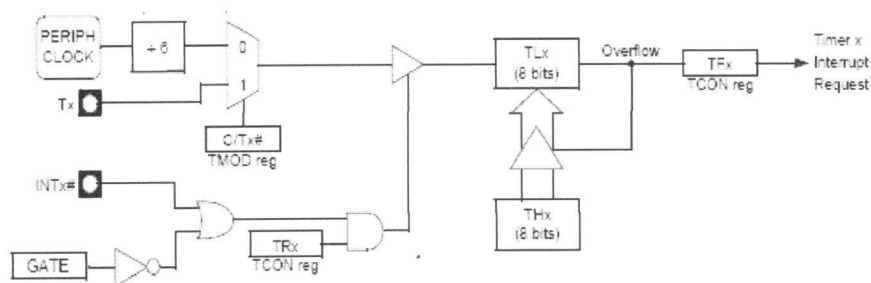
**Gambar 2.11** Mode 0, Pencacah biner 13 bit

Untuk Mode 1, sama dengan Mode 0, hanya saja register TLx dipakai sepenuhnya sebagai pencacah biner 8 bit, sehingga kapasitas pencacah biner yang terbentuk adalah 16 bit. Seiring dengan sinyal detak, kondisi pencacah biner 16 bit ini dimulai dari 0000h, 0001h, 0002h, sampai FFFFh, kemudian kembali menjadi 0000h (pada saat itu terjadi sinyal limpahan atau *overflow* pada bit TFx).



**Gambar 2.12** Mode 1, Pencacah biner 16 bit

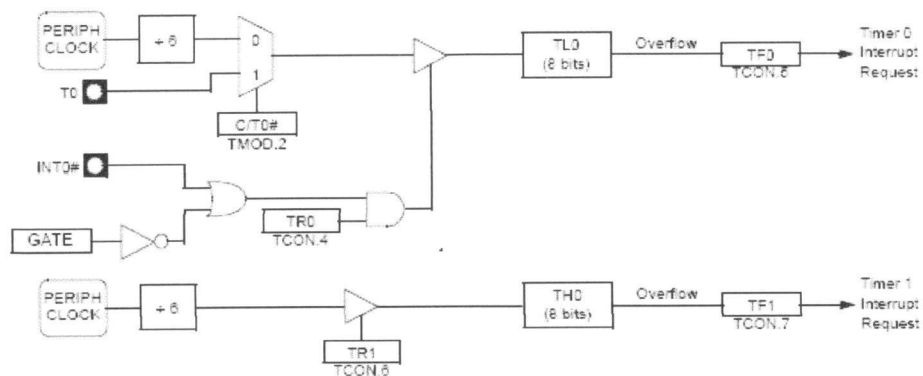
Sedangkan pada Mode 2 TLx dipakai sebagai pencacah biner 8 bit, sedangkan THx dipakai untuk menyimpan nilai yang diisikan ulang ke TLx setiap kali terjadi limpahan (TLx=1) atau berubah dari FFh menjadi 00h. Dengan cara ini bisa diperoleh sinyal *overflow* atau limpahan yang frekuensinya bisa ditentukan oleh nilai yang disimpan dalam THx.



**Gambar 2.13** Mode 2, Pencacah biner 8 bit dengan isi ulang otomatis

Mode 3 TL0 dan TH0 dipakai untuk membentuk 2 rangkaian pencacah, yang pertama adalah TL0 yang dipakai sebagai pencacah biner 8 bit dengan TF0 sebagai sarana pemantau limpahan. Pencacah biner yang ketiga adalah TH0 yang dipakai sebagai pencacah biner 8 bit dengan TF1 sebagai sarana pemantau

limpahan, dengan demikian TH0-lah yang mengendalikan interupsi *Timer 1* (TF1). Sedangkan *Timer 1* dalam kondisi menyimpan cacahannya (isinya) atau dengan kata lain kerjanya dihentikan (TR1=0).

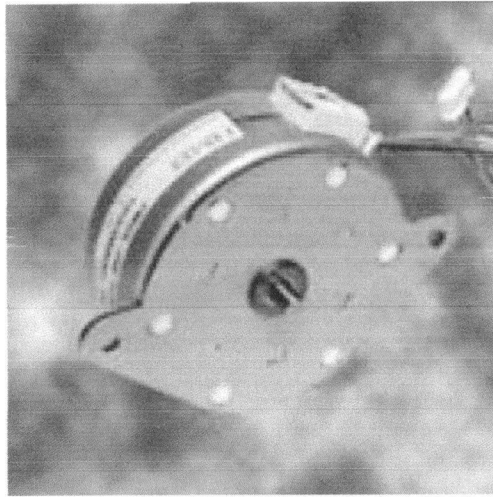


**Gambar 2.14** Mode 3, Gabungan Pencacah Biner 16 bit dan 8 bit

## 2.7 Motor Stepper

Motor stepper merupakan motor DC yang tidak memiliki komutator. Pada umumnya motor stepper hanya mempunyai kumparan pada statornya. Sedangkan pada bagian rotornya merupakan magnet permanen. Dengan model motor seperti ini maka motor stepper dapat diatur pada posisi tertentu dan atau berputar ke arah yang diinginkan, searah jarum jam atau sebaliknya.

Motor stepper merupakan piranti digital yang mengubah pulsa-pulsa digital menjadi gerakan mekanis. Satu putaran dihasilkan oleh urutan langkah gerakan diskrit tertentu. Arah gerakan dapat dikendalikan (searah/berlawanan arah jarum jam). Untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali elektronik motor stepper yang membangkitkan pulsa secara periodik.



**Gambar 2.15** Motor Stepper

Setiap kali mengirim pulsa ke pengendali elektronik, maka motor akan bergerak selangkah, yaitu satu putaran. Sudut kecil ukuran langkah tersebut tergantung pada perancangan motor dan dapat sekecil 1,5 derajat. Motor akan berputar lebih cepat atau lebih lambat dengan mengirim lebih banyak atau lebih sedikit pulsa dalam tiap detiknya. Pulsa-pulsa tersebut mampu dikirim sampai kecepatan maksimum kurang lebih 2000 pulsa per detik.

Apabila bebannya berat akan timbul masalah, motor akan tidak berputar walaupun menerima pulsa.

Keunggulan :

1. Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
2. Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak.
3. Posisi dan pergerakan dapat ditentukan secara presisi.

4. Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop, dan berbalik putaran.
5. Sangat *realible* karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC.
6. Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopet langsung keporosnya.
7. Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas.

Kelemahan :

1. Pemakaian daya tidak efisien.
2. Torsi yang dihasilkan berbanding terbalik dengan kecepatan.
3. Memerlukan tambahan perangkat keras untuk pengaturannya.

Tipe Motor yang digunakan adalah tipe PM55L-048 magnet permanen buatan dari Minebea (NMB Technologies Corporation). Motor ini mempunyai step setiap  $7,5^\circ$  dan bertipe Unipolar.

## 2.8 Penggerak Motor Stepper

Pengaturan pulsa yang diberikan pada motor stepper dilakukan oleh mikrokontroler. Tetapi arus yang diberikan terlalu kecil sehingga tidak mencukupi untuk menggerakkan motor stepper. Untuk itu digunakan penguat agar bisa memberikan arus yang cukup bagi motor stepper. Penguat ini menggunakan IC TIP 127. IC ini merupakan hubungan darlington dalam satu keping. Hubungan darlington adalah hubungan antara dua transistor yang gain arus totalnya adalah

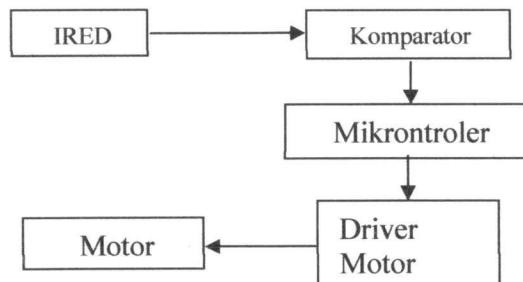
sama dengan perkalian gain arus sendiri-sendiri. Karena gain arus lebih besar, hubungan darlington dapat mempunyai impedansi masukan yang sangat tinggi dan dapat menghasilkan arus keluaran yang sangat besar.

Hubungan darlington cocok digunakan untuk anatarmuka antara rangkaian *low-level logic* dan *multiple peripheral power loads*. Sebagai contoh bisa digunakan antara mikrokontroler dan dengan relay, motor stepper, LED yang dimultiplex.

## BAB III

### PERANCANGAN ALAT DAN SISTEM

#### 3.1. Blok Diagram Alat



**Gambar 3.1** Blok diagram alat

Pada saat robot berjalan sensor akan mendeteksi jalur yang dilaluinya, antara yang berwarna hitam dan putih. Jika mendeteksi hitam, tegangan pada *output* sensor mempunyai nilai di atas tegangan referensi komparator dan jika mendeteksi jalur putih, tegangan pada *output* sensor mempunyai nilai di bawah tegangan referensi. Keluaran dari sensor ini dihubungkan dengan komparator yang akan membandingkan tegangan masukan dari sensor dengan tegangan referensi. Keluaran dari komparator sensor garis masuk ke P3.0 – P3.2 mikrokontroler AT89S52. Keluaran dari mikrokontroler Port 1 dihubungkan dengan IC TIP 127 untuk menggerakkan motor stepper.

#### 3.2. Perancangan Perangkat Keras

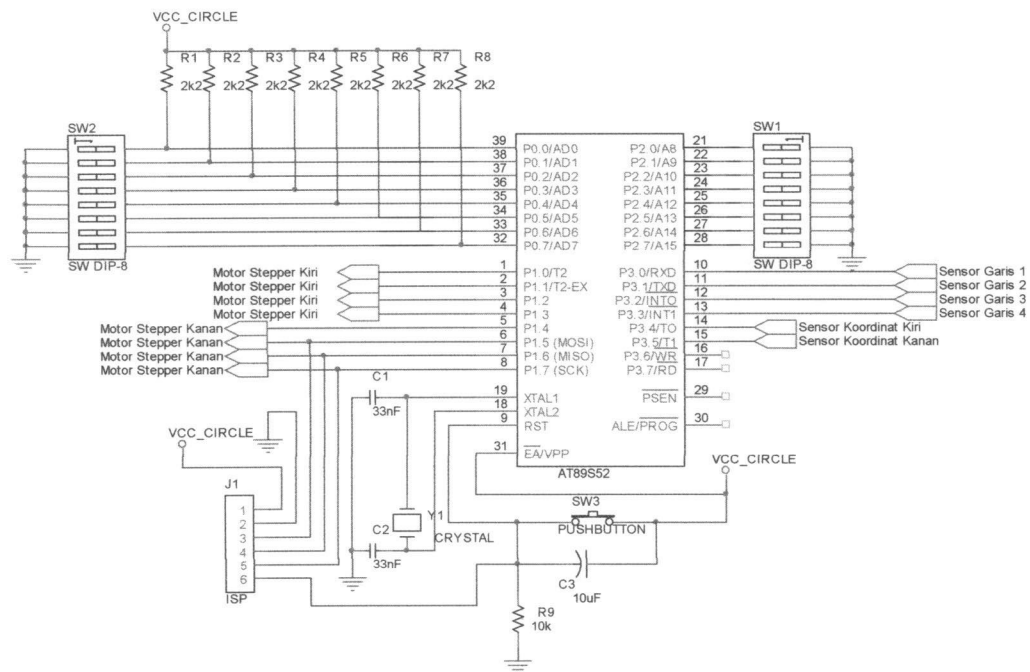
Perancangan perangkat keras meliputi bagian mikrokontroler, sensor koordinat dan sensor garis, penggerak motor stepper, dan bagian catu daya.



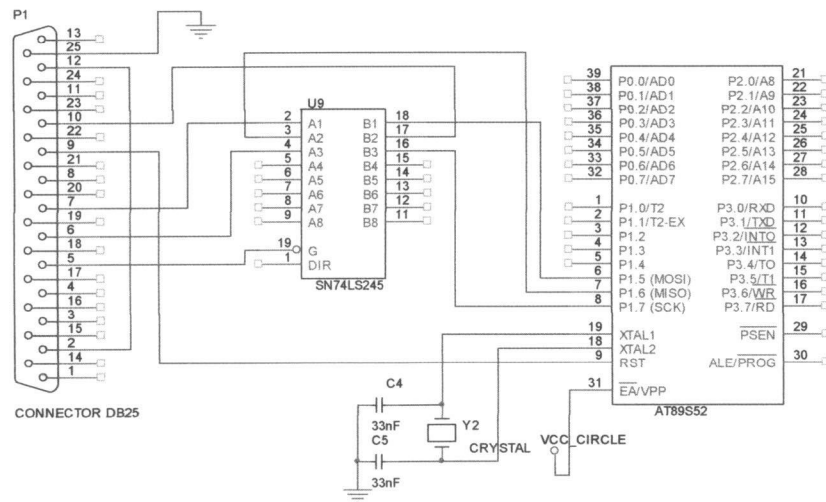
### 3.2.1. Bagian Mikrokontroler

Dalam perancangan ini, mikrokontroler yang digunakan tipe AT89S52 mengacu pada *base ISP mode programing*. Dengan metode ini pengguna dapat melakukan proses *flash programming* pada saat alat sedang berjalan dan dilakukan tanpa menggunakan *card downloader* tambahan. Tetapi dalam pembuatan alat ini ada *card downloader* untuk menghindari adanya kerusakan pada hardware yang dibuat.

Resistor yang diletakkan antara P0 dengan saklar DIP berfungsi sebagai *pull up* tegangan. Untuk P2 tidak diberi karena sudah ada *pull up* internal. Bentuk skematik sistem minimum yang digunakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.2 Sistem Minimum



**Gambar 3.3** Skematik program ISP

Pengaturan *flash programming* alat dilakukan melalui kabel ISP 6 soket yang memiliki interkoneksi dengan pin 6 (mosi), pin 7 (miso), pin 8 (sck) dan pin 9 (rst). Untuk bekerja dalam mode ISP *flash programming* soket ini harus dihubungkan ke saluran paralel komputer (*default* LPT1). Program downloadernya menggunakan *ISP Flash Programmer 3.0a* yang dibuat oleh Mohammad Asim Khan. Memori yang digunakan untuk menjalankan program ini menggunakan memori internal dan tidak memerlukan memori eksternal. Karena menggunakan memori internal maka pin 31 pada kaki mikrokontroler harus dihubungkan dengan Vcc.

Urutan data yang diberikan Port 1 berbeda untuk motor kiri dan kanan karena diposisikan terbalik antara keduanya. Motor sebelah kanan searah dengan jarum jam sedangkan yang sebelah kiri kebalikan dari arah jarum jam. Data yang diberikan adalah sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Urutan Data *Clock Wise* Pada Motor stepper

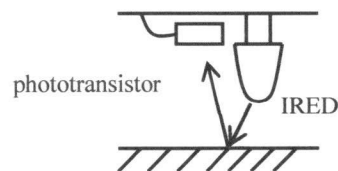
Urutan Coil Urutan data	a	b	c	d	e
1	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi	+
2	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	+
3	Rendah	Tinggi	Tinggi	Rendah	+
4	Rendah	Rendah	Tinggi	Tinggi	+

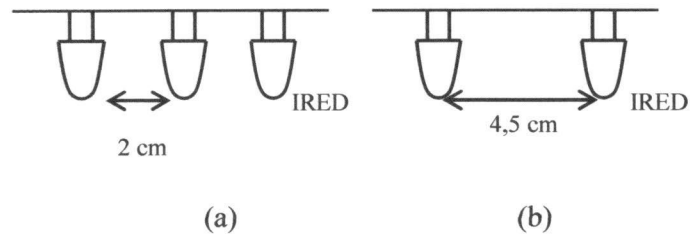
**Tabel 3.2** Urutan Data *Counter Clock Wise* Pada Motor stepper

Urutan Coil Urutan data	a	b	c	d	e
1	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	+
2	Rendah	Tinggi	Tinggi	Rendah	+
3	Rendah	Rendah	Tinggi	Tinggi	+
4	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi	+

### 3.2.2. Sensor Garis

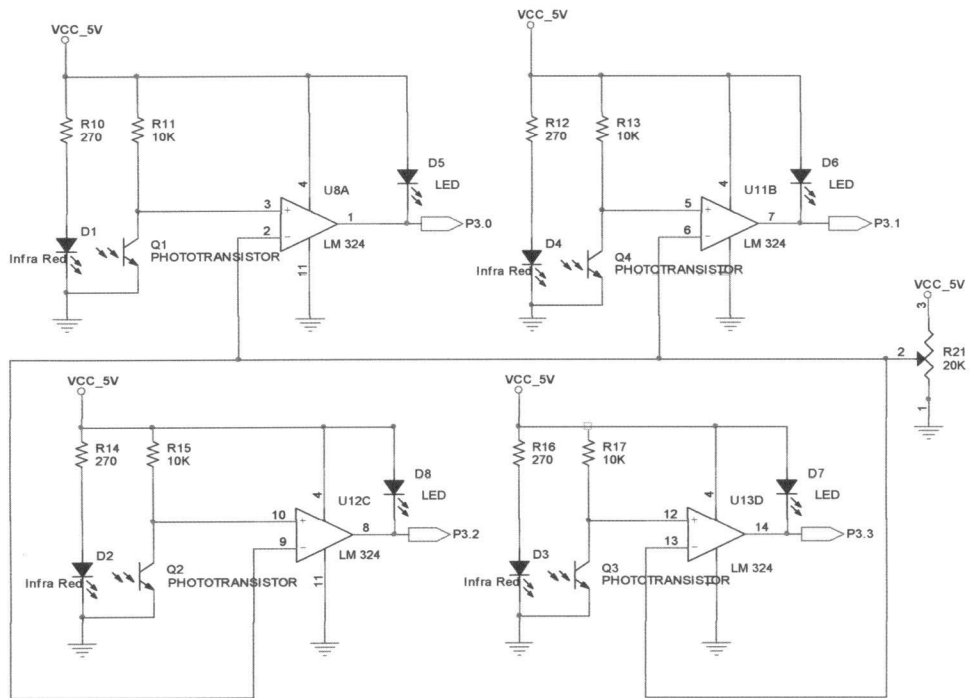
Sensor yang digunakan ada empat dimana setiap sensor terdiri dari satu infra merah dan satu phototransistor. Posisi sensor berbentuk sejajar, dengan jarak menyesuaikan dengan lebar garis. Pada perancangan ini jarak yang digunakan antar sensor 2 cm pada 3 sensor dan 4,5 cm pada 2 sensor.

**Gambar 3.4** Posisi IRED dan Fototransistor



Gambar 3.5 (a) Jarak sensor pada 3 sensor

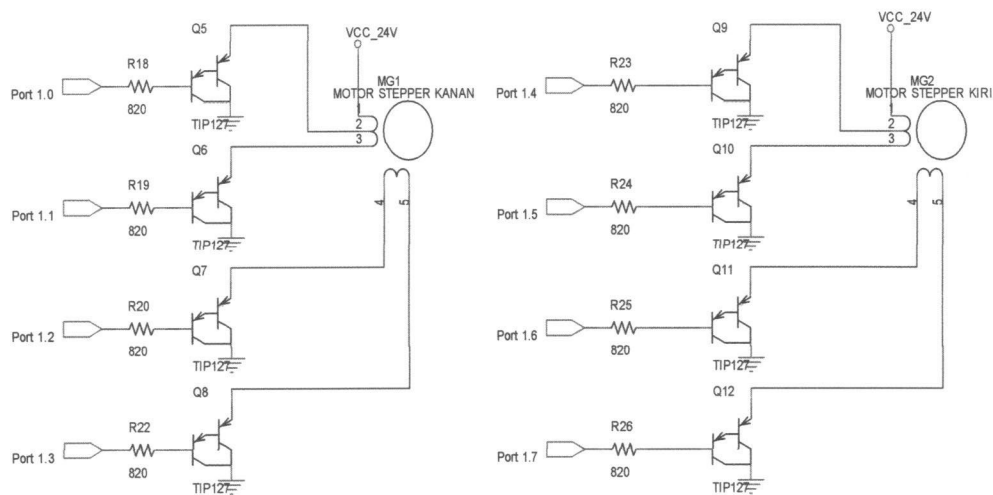
(b) Jarak sensor pada 2 sensor



Gambar 3.6 Sensor garis

### 3.2.3. Penggerak Motor Stepper

Penggerak motor stepper menggunakan transistor darlington. Ketika data yang diberikan dari port 1 sebelum menuju ke motor stepper dikuatkan dulu arusnya. Untuk penguat arus ini menggunakan hubungan Darlington. Hubungan Darlington adalah hubungan antara dua transistor yang gain arus totalnya adalah sama dengan perkalian gain arus sendiri-sendiri. Karena gain arus lebih besar, hubungan Darlington dapat mempunyai impedansi masukan yang sangat tinggi dan dapat menghasilkan arus keluaran yang sangat besar. Berdasarkan datasheet gain yang diberikan oleh transistor ini bisa mencapai 1000. Antara keluaran mikrokontroler dan kaki basis diberi resistor sebesar 820 ohm yang berfungsi sebagai penghambat arus.

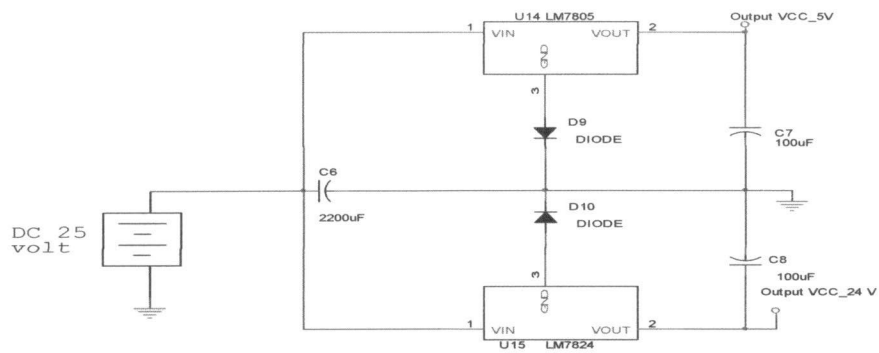


**Gambar 3.7** Rangkaian penggerak

### 3.2.4. Bagian Catu Daya

Tegangan yang digunakan untuk mengoperasikan sistem adalah sebesar 5 volt, dan 12 volt. Untuk komponen digital memerlukan tegangan 5 volt sedangkan

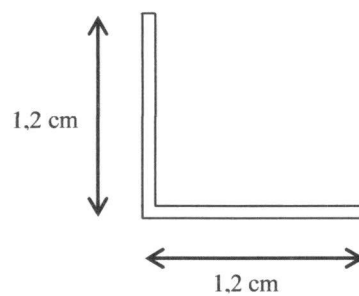
untuk motor memerlukan tegangan sebesar 12 volt. Untuk mendapatkan unjuk kerja yang handal, maka catu daya perlu dibuat sestabil mungkin. Sehingga dalam perancangannya digunakan regulator tegangan 7805 untuk pencatu 5 volt.



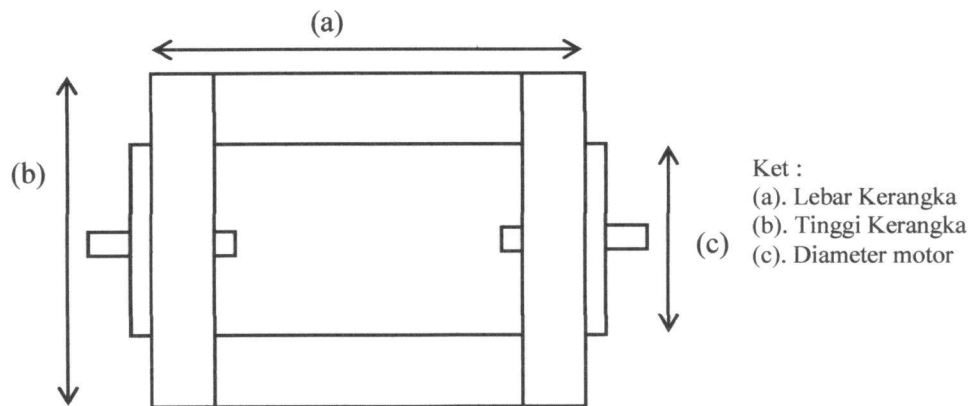
**Gambar 3.8** Rangkaian Catu Daya

### 3.3. Perancangan Kerangka Robot

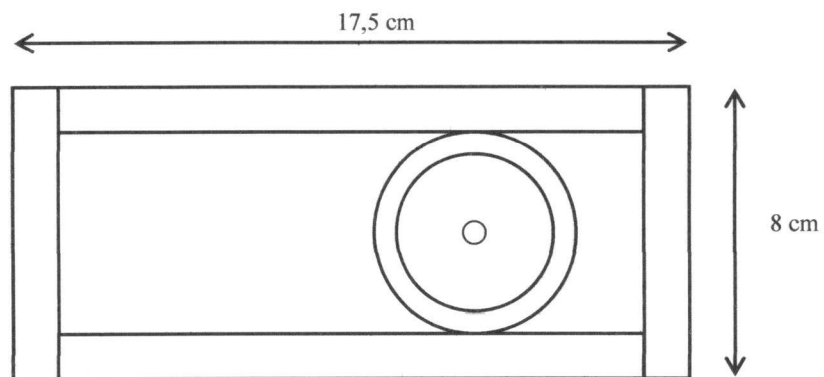
Kerangka robot dibuat dari bahan aluminium berbentuk siku dengan lebar sisi 1,2 cm. Panjang kerangka 17,5 cm dan memiliki tinggi 8 cm. Sedangkan lebar kerangka 9,5 cm. Pada pembuatan kerangka mengacu pada kondisi antara yang sekiranya pas dimana antara motor dan rangkaian pengendali bisa dipasang pada kerangka.



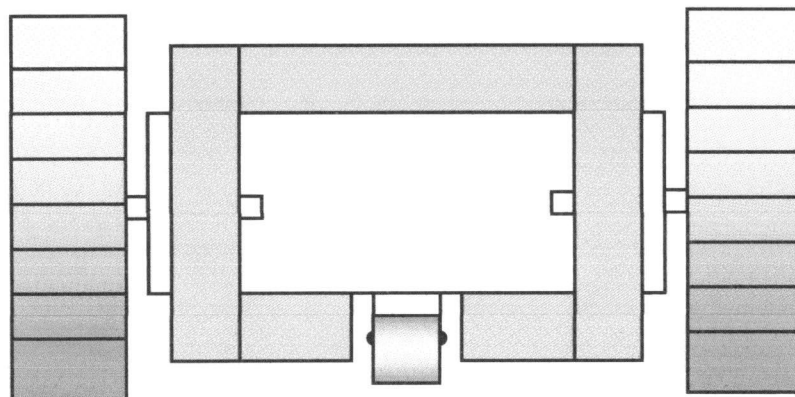
**Gambar 3.9** Aluminium siku



**Gambar 3.10** Tampak belakang Kerangka tanpa Roda



**Gambar 3.11** Tampak samping kiri kerangka

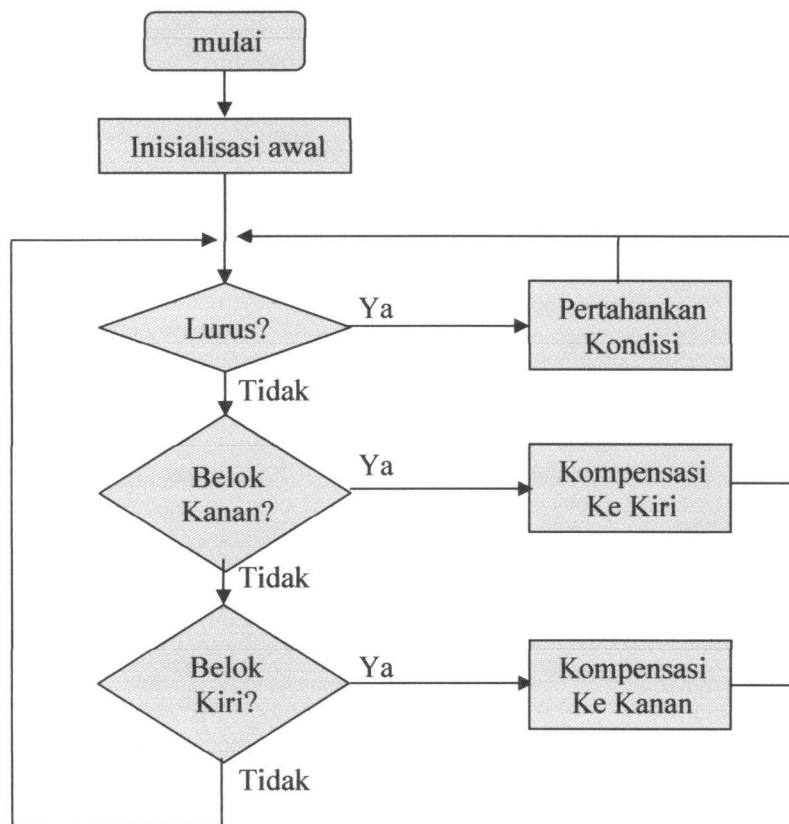


**Gambar 3.12** Tampak depan dengan roda depan dan belakang

### 3.4. Perancangan Perangkat Lunak

Penjelasan desain perancangan perangkat lunak alat disajikan dalam 2 bagian yaitu diagram alir sistem dan diagram alir subrutin program. Diagram alir sistem digunakan untuk menjelaskan proses kerja program secara garis besar, sedangkan diagram alir subrutin program beserta potongan program digunakan untuk pemahaman langkah yang lebih detail.

#### 3.4.1 Diagram Alir Program



Gambar 3.13 Diagram alir sistem



### 3.4.2. Subrutin Program 2 Sensor

```

org      00H
gerak1:
  mov    P3,#0FFH          ;DATA SENSOR DISIMPAN DI AKUMULATOR
  mov    A,P3              ;SET BIT HASIL PORT 3.4 - 3.7 BERNILAI KOSONG (0)
  anl    A,#3              ;MEMBANDINGKAN DATA UNTUK BERGERAK
  cjne   A,#0,gerak2
  acall  lurus
gerak2:
  cjne   A,#1,gerak3
  acall  kekanan
gerak3:
  cjne   A,#2,gerak1
  acall  kekiri
lurus:
  mov    P1,#93h          ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
  call   delay
  mov    P1,#0C6h        ;AGAR BERJALAN LURUS
  call   delay
  mov    P1,#6Ch          ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
  call   delay
  mov    P1,#39h         ;AGAR BERJALAN LURUS
  call   delay
  sjmp   gerak1
kekanan:
  mov    P1,#0F3h        ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
  call   delay
  mov    P1,#0F6h        ;AGAR BELOK KANAN
  call   delay
  mov    P1,#0FCh        ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
  call   delay
  mov    P1,#0F9h        ;AGAR BELOK KANAN
  call   delay
  sjmp   gerak1
kekiri:
  mov    P1,#9Fh         ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
  call   delay
  mov    P1,#0C6h        ;AGAR BELOK KIRI
  call   delay
  mov    P1,#6Fh         ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
  call   delay
  mov    P1,#3fh         ;AGAR BELOK KIRI
  call   delay
  sjmp   gerak1
delay:
  mov    r0,#0
  mov    r1,#100
cycle:
  djnz   r0,cycle
  djnz   r1,cycle
  ret
end

```

### 3.4.3. Subrutin Program 3 Sensor

```

org      00H

```

```

gerak1:
    mov     P3,#0FFH           ;DATA SENSOR DISIMPAN DI AKUMULATOR
    mov     A,P3              ;SET BIT HASIL PORT 3.4 - 3.7 BERNILAI KOSONG (0)
    anl     A,#7              ;MEMBANDINGKAN DATA UNTUK BERGERAK
    cjne   A,#0,gerak2
    acall  lurus

gerak2:
    cjne   A,#5,gerak3
    acall  kekanan

gerak3:
    cjne   A,#6,gerak4
    acall  kekiri

gerak4:
    cjne   A,#2,gerak5
    acall  kekiri

gerak5:
    cjne   a,#1,gerak1
    acall  kekanan

lurus:
    mov     P1,#93h           ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
    call   delay
    mov     P1,#0C6h         ;AGAR BERJALAN LURUS
    call   delay
    mov     P1,#6Ch          ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
    call   delay
    mov     P1,#39h         ;AGAR BERJALAN LURUS
    call   delay
    sjmp   gerak1

kekanan:
    mov     P1,#0F3h         ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
    call   delay
    mov     P1,#0F6h         ;AGAR BELOK KANAN
    call   delay
    mov     P1,#0FCh         ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
    call   delay
    mov     P1,#0F9h         ;AGAR BELOK KANAN
    call   delay
    sjmp   gerak1

kekiri:
    mov     P1,#9Fh          ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
    call   delay
    mov     P1,#0C6h         ;AGAR BELOK KIRI
    call   delay
    mov     P1,#6Fh          ;MEMBERIKAN DATA KE DRIVER MOTOR STEPPER
    call   delay
    mov     P1,#3fh         ;AGAR BELOK KIRI
    call   delay
    sjmp   gerak1

delay:
    mov     r0,#0
    mov     r1,#100

cycle:
    djnz   r0,cycle
    djnz   r1,cycle
    ret
end

```

## BAB IV

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

#### 4.1. Pengujian Alat Perbagian

Pengujian alat perbagian berfungsi untuk mengetahui status tegangan dan bentuk aktivasi alat sebelum dirangkai secara penuh. Uji ini hanya meliputi keluaran tangan yang diberikan dari rangkaian. Dari uji ini diharapkan batas minimum tegangan yang dibutuhkan sudah terpenuhi.

##### 4.1.1. Pengujian Sensor

Rangkaian sensor yang diuji meliputi bagian pengikut garis dan bagian penghitung koordinat. Rangkaian ini diberikan tegangan sebesar 4,85 V kemudian sensor ini ditaruh diatas garis hitam dengan jarak kurang lebih 1 cm yang berasal dari plester berwarna hitam (Lakban). Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 4.1** Pengujian Sensor Garis

Sensor	Bidang warna Hitam (V)	Bidang warna Putih (V)
Sensor 1	3,45	0,1
Sensor 2	3,45	0,0
Sensor 3	3,45	0,1

##### 4.1.2. Pengujian Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan bagian yang paling utama karena pengendalian antara sensor dan motor ada disini. Untuk uji mikrokontroler digunakan program running LED. Untuk itu diperlukan program NyalaLedDgnTimer.hex yang

berfungsi menghidupkan LED dari port-port mikrokontroler. Hasil uji yang didapat :

**Tabel 4.2** Hasil pengujian port-port mikrokontroler

No	Test Point	Hasil
1.	Port 0	Pin P0.0 – P0.7 LED menyala semua
2.	Port 1	Pin P1.0 – P1.7 LED menyala semua
3.	Port 2	Pin P2.0 – P2.7 LED menyala semua
4.	Port 3	Pin P3.0 – P3.7 LED menyala semua

#### 4.1.3. Pengujian Motor Stepper

Pengujian motor stepper dilakukan dengan memberikan tegangan 12 volt pada pin *common*. Kemudian pada tiap lilitan satu-persatu diberikan tegangan -12 volt secara berurutan. Motor ini terdapat 5 pin, 1 pin merupakan pin *common* dan 4 sisanya pin lilitan. Gerakan per step sebesar 7,5°.

**Tabel 4.3** Hasil uji motor kiri

No	Test Point	Hasil
1.	Lilitan 1	Bergerak 1 step
2.	Lilitan 2	Bergerak 1 step
3.	Lilitan 3	Bergerak 1 step
4.	Lilitan 4	Bergerak 1 step

**Tabel 4.4** Hasil uji motor kanan

No	Test Point	Hasil
1.	Lilitan 1	Bergerak 1 step
2.	Lilitan 2	Bergerak 1 step
3.	Lilitan 3	Bergerak 1 step
4.	Lilitan 4	Bergerak 1 step

#### 4.1.4. Pengujian Motor Stepper dengan Mikrokontroler

Untuk uji motor stepper dengan mikrokontroler digunakan program tesmotor1.hex. Rangkaian Driver yang digunakan sesuai dengan rangkaian pada robot sebenarnya. Motor kiri bergerak sesuai dengan arah jarum jam sedangkan motor kanan bergerak kebalikan arah jarum jam. pada uji ini diharapkan robot bisa berjalan lurus pada bidang datar. Hasilnya sesuai dengan tabel dibawah ini :

**Tabel 4.5** Hasil uji robot berjalan lurus

No	Jarak Tempuh (m)
1.	3,0
2.	2,8
3.	3,0
4.	1,2
5.	3,2

#### 4.2. Pengujian Robot Terhadap Garis

Pengujian robot terhadap garis ada 2 bagian. Pada bagian yang pertama uji robot terhadap garis lurus dan yang kedua uji robot pada garis belok sudut.

##### 4.2.1. Uji Robot Terhadap Garis Lurus Dengan 2 Sensor

Garis lurus yang digunakan adalah lakban hitam dengan lebar 4,5 cm dan 6,5 cm. Panjang garis adalah 175 cm. Program yang digunakan jalan2.hex. Hasilnya seperti di bawah ini :

**Tabel 4.6** Hasil uji robot terhadap garis lurus lebar 4,5 cm

No.	Jumlah Berbelok	
	Kiri	Kanan
1.	1	1
2.	1	1
3.	2	2
4.	3	2
5.	3	4
6.	1	2
7.	2	3
8.	2	1
9.	1	2
10.	2	3

**Tabel 4.7** Hasil uji robot terhadap garis lurus lebar 6,5 cm

No.	Jumlah Berbelok	
	Kiri	Kanan
1.	2	0
2.	1	1
3.	0	1
4.	0	0
5.	0	1
6.	1	2
7.	1	1
8.	2	3
9.	1	1
10.	2	3

#### 4.2.2. Uji Robot Pada Garis Belok Sudut Dengan 2 Sensor

Pada uji ini digunakan lebar garis 4,5 cm. Sudut belokan bervariasi, mulai dari 10°, 20°, 30°, sampai dengan 90°. Hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.8** Hasil uji robot terhadap garis belok sudut

No.	Sudut (°)	Hasil Belokan
1.	10	Berhasil
2.	20	Berhasil
3.	30	Berhasil
4.	40	Berhasil
5.	50	Tidak Berhasil
6.	60	Tidak Berhasil
7.	70	Tidak Berhasil
8.	80	Tidak Berhasil
9.	90	Tidak Berhasil

#### 4.2.3. Uji Robot Terhadap Garis Lurus Dengan 3 Sensor

Hal yang sama dilakukan pada robot dengan 3 sensor. Garis lurus yang digunakan adalah lakban hitam dengan lebar 4,5 cm dan 6,5 cm. Panjang garis adalah 175 cm. Program yang digunakan jalan2.hex. Hasilnya seperti di bawah ini

:

**Tabel 4.9** Hasil uji robot terhadap garis lurus lebar 4,5 cm

No.	Jumlah Berbelok	
	Kiri	Kanan
1.	1	2
2.	2	2
3.	1	0
4.	1	1
5.	2	3
6.	2	1
7.	2	2
8.	1	1
9.	1	1
10.	2	2

**Tabel 4.10** Hasil uji robot terhadap garis lurus lebar 6,5 cm

No.	Jumlah Berbelok	
	Kiri	Kanan
1.	1	0
2.	1	0
3.	3	2
4.	1	2
5.	1	1
6.	1	0
7.	1	2
8.	0	1
9.	1	2
10.	1	1

#### 4.2.4. Uji Robot Pada Garis Belok Sudut Dengan 3 Sensor

Pada uji ini digunakan lebar garis 4,5 cm. Sudut belokan bervariasi, mulai dari 10°, 20°, 30°, sampai dengan 90°. Hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.11** Hasil uji robot terhadap garis belok sudut

No.	Sudut (°)	Hasil Belokan
1.	10	Berhasil
2.	20	Berhasil
3.	30	Berhasil
4.	40	Berhasil
5.	50	Berhasil
6.	60	Tidak Berhasil
7.	70	Tidak Berhasil
8.	80	Tidak Berhasil
9.	90	Tidak Berhasil



### **4.3. Analisa Hasil Pengujian**

#### **4.3.1. Analisa Pengujian Alat**

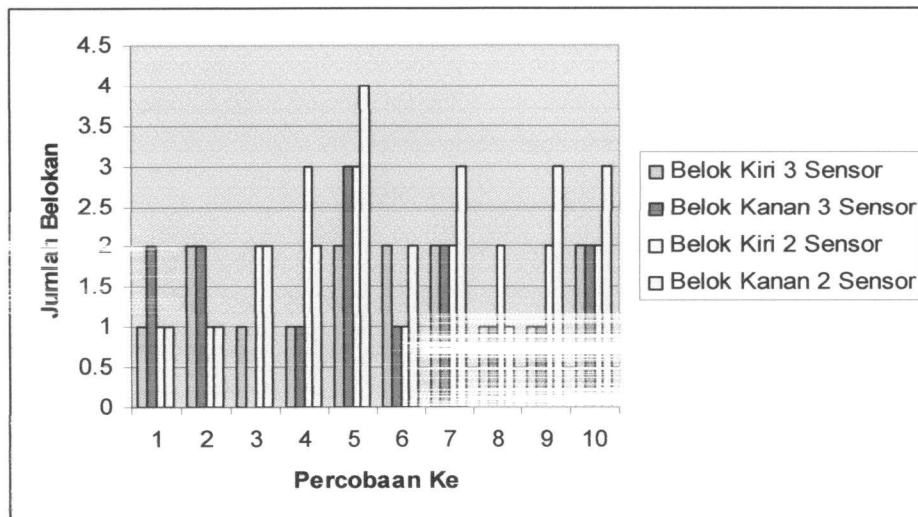
Hasil pengujian alat menunjukkan semua rangkaian siap digunakan. Pengukuran semua sensor didapatkan hasil keluaran dari komparator menunjukkan tegangan berkisar antara 0,0 – 0,1 Volt pada saat mengenai garis hitam dan ketika mengenai bidang warna putih menunjukkan tegangan 3,45 Volt. Hasil ini sesuai dengan yang dibutuhkan mikrokontroler untuk masukan tegangan rendah sebesar -0,5 – 0,2 Volt.

Selanjutnya pada uji pin mikrokontroler. Hasil uji menunjukkan semua Port masukan dan keluaran mikrokontroler bisa digunakan. LED yang digunakan untuk menguji bisa menyala sesuai dengan logika yang diberikan. Kemudian uji motor stepper. Semua lilitan berfungsi dengan baik sesuai dengan pengujian yang dilakukan. Tiap-tiap lilitan bisa bergerak satu step ketika mendapatkan logika rendah. Untuk uji motor stepper dengan mikrokontroler menunjukkan hasil robot bisa berjalan lurus tetapi hanya bisa sampai jarak maksimal 3,2 meter.

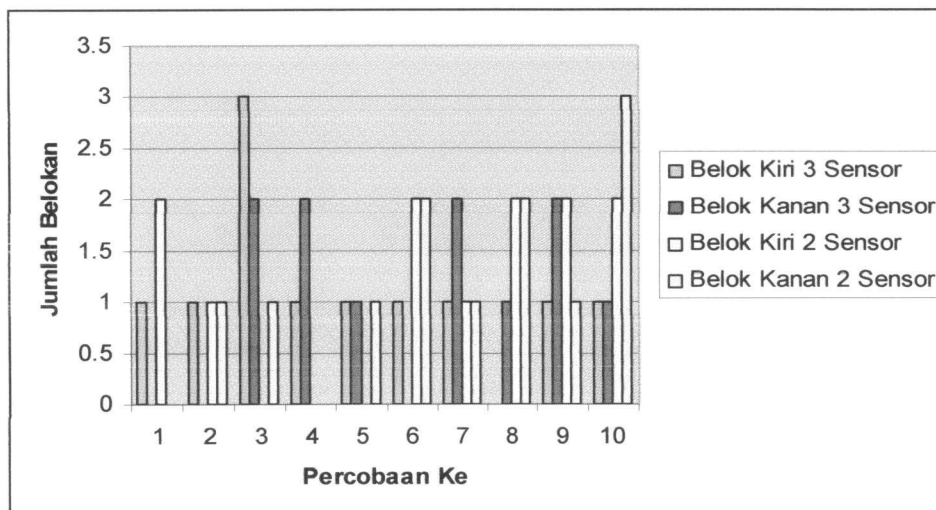
#### **4.3.2. Analisa Hasil Uji Robot Terhadap Garis**

Hasil uji terhadap garis yang pertama dengan lebar 4,5 cm didapatkan hasil kecenderungan mobil lebih banyak berjalan tidak lurus atau berbelok pada saat menggunakan 2 sensor dibandingkan dengan menggunakan 3 sensor. Pada percobaan 2 sensor banyak terjadi belokan, tetapi setelah itu cenderung stabil. Untuk perbandingan dengan lebar jalan 6,5 cm jumlah total belokan yang terjadi pada saat menggunakan 3 sensor adalah 11 kali berbelok kiri dan 11 kali berbelok kanan. Sedangkan pada saat menggunakan 2 sensor total belokan yang terjadi

adalah 12 kali belok kiri dan 12 kali belok kanan. Lebar jalan 4,5 cm pada saat 2 sensor terjadi 19 kali belok kiri dan 22 kali belok kanan. Dengan 3 sensor belok kiri totalnya 15 kali belokan dan 15 kali belok kanan.



**Gambar 4.1** Grafik perbandingan uji robot terhadap garis lurus lebar 4,5 cm



**Gambar 4.2** Grafik perbandingan uji robot terhadap garis lurus lebar 6,5 cm

Selanjutnya pada saat pengujian terhadap garis sudut dengan 2 sensor didapatkan robot bisa berbelok dari sudut  $10^\circ$  -  $40^\circ$ . Untuk 3 sensor melebihi 2 sensor yaitu  $10^\circ$  -  $50^\circ$ .



## BAB V

### PENUTUP



#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan percobaan terhadap garis lurus didapatkan antara 2 sensor dan 3 sensor lebih baik menggunakan 3 sensor karena lebih sedikit belokan yang terjadi.
2. Sedangkan untuk pada saat ada belokan sudut juga lebih baik menggunakan 3 sensor karena bisa mencapai sudut  $50^\circ$  daripada 2 sensor yang hanya mencapai sudut  $40^\circ$ .

#### 5.2 Saran

1. Untuk penyempurnaan sebaiknya menggunakan lebar garis lebih dari panjang daripada panjang sensor.
2. Ketika garis berbentuk belokan sebaiknya tidak berbentuk sudut, tetapi berbentuk kurva.
3. Pembuatan kerangka sebaiknya lebih presisi, sehingga tidak mempengaruhi jalannya robot.
4. Rangkaian ini masih sangat sederhana dan diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan sistem rangkaian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asfahl, C. Ray, 1985, *Robots And Manufacturing Automation*, John Wiley & Son, New York.
- Ibrahim, K. F., 1998, *Teknik Digital*, Edisi Pertama, Cetakan Kedua, Penerbit Andi, Jogjakarta.
- Jones, Douglas W, *Stepping Motor*, 1998, [www.cs.uiowa.edu/~jones](http://www.cs.uiowa.edu/~jones)
- Malvino, Albert Paul, 1981, *Prinsip-prinsip Elektronika*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Nurchayati, 2003, *Sistem Kendali Kecepatan Dan Arah Motor Stepper Permanent Magnet Tipe Unipolar dengan Menggunakan Komputer*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Jogjakarta
- Putra, Agfianto Eko, 2004, *Belajar Mikrontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi)*, Gava Media, Jogjakarta
- Sugiyanto, 2004, *Laporan Tugas Akhir : Robot Pengikut Garis Dengan Menggunakan Sensor Infra Merah*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Suyono, Wasito, 1992, *Data Book Sheet 1, Data Linier, TTL dan CMOS (Kumpulan Data Penting komponen Elektronika)*, Cetakan Keempat 1995, Elex Media Komputindo, Jakarta.



# LAMPIRAN

## MCS-51 Family Macro Assembler A S E M - 5 1 V 1.3

```

Source File:   D:\my documents\TES ASEMBLI\umi2\mlaku-mlaku.asm
Object File:   D:\my documents\TES ASEMBLI\umi2\mlaku-mlaku.hex
List File:     D:\my documents\TES ASEMBLI\umi2\mlaku-mlaku.lst

```

```

Line  I  Addr  Code          Source
-----
  1:          N    0000          ORG    00H
  2:    0000          inisial:
  3:    0000  20 A7 20          jb     p2.7,gerak1
  4:    0003          mlaku1:
  5:    0003  75 B0 FF          MOV    P3,#0FFH
  6:    0006  E5 B0          MOV    A,P3          ;DATA SENSOR
ISIMPAN DI AKUMULATOR
  7:    0008  54 07          ANL    A,#00000111B          ;SET BIT HASIL PORT
.4 - 3.7 BERNILAI KOSONG (0)
  8:    000A  B4 00 02          CJNE   A,#00000000B,mlaku2          ;MEMBANDINGKAN DATA
NTUK BERGERAK
  9:    000D  11 39          ACALL  LURUS
10:    000F          mlaku2:
11:    000F  B4 05 02          CJNE   A,#00000101B,mlaku3
12:    0012  11 53          ACALL  KEKANAN
13:    0014          mlaku3:
14:    0014  B4 06 02          CJNE   A,#00000110B,mlaku4
15:    0017  11 6D          ACALL  KEKIRI
16:    0019          mlaku4:
17:    0019  B4 02 02          cjne   A,#00000010B,mlaku5
18:    001C  11 6D          acall  kekiri
19:    001E          mlaku5:
20:    001E  B4 01 E2          cjne   a,#00000001B,mlaku1
21:    0021  11 53          acall  kekanan
22:    0023          GERAK1:
23:    0023  75 B0 FF          MOV    P3,#0FFH
24:    0026  E5 B0          MOV    A,P3          ;DATA SENSOR
ISIMPAN DI AKUMULATOR
25:    0028  54 03          ANL    A,#00000011B          ;SET BIT HASIL PORT

```

.4 - 3.7 BERNILAI KOSONG (0)

```
26: 002A B4 00 02          CJNE  A,#00000000B,GERAK2      ;MEMBANDINGKAN DATA
NTUK BERGERAK
27: 002D 11 39              ACALL LURUS
28: 002F                    GERAK2:
29: 002F B4 01 02          CJNE  A,#00000001B,GERAK3
30: 0032 11 53              ACALL KEKANAN
31: 0034                    GERAK3:
32: 0034 B4 02 EC          CJNE  A,#00000010B,GERAK1
33: 0037 11 6D              ACALL KEKIRI
34: 0039                    LURUS:
35: 0039 75 90 93          MOV   P1,#93h                  ;MEMBERIKAN DATA KE
RIVER MOTOR STEPPER
36: 003C 12 00 87          call  delay
37: 003F 75 90 C6          MOV   P1,#0C6h                ;AGAR BERJALAN LURUS
38: 0042 12 00 87          call  delay
39: 0045 75 90 6C          MOV   P1,#6Ch                 ;MEMBERIKAN DATA KE
RIVER MOTOR STEPPER
40: 0048 12 00 87          call  delay
41: 004B 75 90 39          MOV   P1,#39h                 ;AGAR BERJALAN LURUS
42: 004E 12 00 87          call  delay
43: 0051 80 AD              SJMP  inisial
```

SEM-51 V1.3

Copyright (c) 2002 by W.W. Heinz

PAGE 2

```
Line I Addr Code          Source
44: 0053                    KEKANAN:
45: 0053 75 90 F3          MOV   P1,#0F3h                ;MEMBERIKAN DATA KE
RIVER MOTOR STEPPER
46: 0056 12 00 87          call  delay
47: 0059 75 90 F6          MOV   P1,#0F6h                ;AGAR BELOK KANAN
48: 005C 12 00 87          call  delay
49: 005F 75 90 FC          MOV   P1,#0FCh                ;MEMBERIKAN DATA KE
RIVER MOTOR STEPPER
50: 0062 12 00 87          call  delay
51: 0065 75 90 F9          MOV   P1,#0F9h                ;AGAR BELOK KANAN
52: 0068 12 00 87          call  delay
53: 006B 80 93              SJMP  inisial
54: 006D                    KEKIRI:
55: 006D 75 90 9F          MOV   P1,#9Fh                 ;MEMBERIKAN DATA KE
RIVER MOTOR STEPPER
56: 0070 12 00 87          call  delay
57: 0073 75 90 C6          MOV   P1,#0C6h                ;AGAR BELOK KIRI
58: 0076 12 00 87          call  delay
59: 0079 75 90 6F          MOV   P1,#6Fh                 ;MEMBERIKAN DATA KE
RIVER MOTOR STEPPER
```



```

60: 007C 12 00 87          call    delay
61: 007F 75 90 3F          MOV     P1,#3fh          ;AGAR BELOK KIRI
62: 0082 12 00 87          call    delay
63: 0085 01 00              AJMP   inisial
64: 0087 78 00          delay: mov     r0,#0
65: 0089 79 64              mov     r1,#100
66: 008B D8 FE          cycle: djnz   r0,cycle
67: 008D D9 FC              djnz   r1,cycle
68: 008F 22              ret
69:                      END

```

register banks used: ---

no errors

SEM-51 V1.3  
AGE 3

Copyright (c) 2002 by W.W. Heinz

L I S T O F S Y M B O L S

=====

SYMBOL	TYPE	VALUE	LINE
?ASEM_51	NUMBER	8051	
?VERSION	NUMBER	0130	
C	BIT	D6	
CC	DATA	E0	
	DATA	F0	
Y	BIT	D7	
YCLE	CODE	008B	66
ELAY	CODE	0087	64
PH	DATA	83	
PL	DATA	82	
A	BIT	AF	
S	BIT	AC	
I0	BIT	A9	
I1	BIT	AB	
X0	BIT	A8	

K1	BIT	AA	
KTI0	CODE	0003	
KTI1	CODE	0013	
)	BIT	D5	
ERAK1	CODE	0023	22
ERAK2	CODE	002F	28
ERAK3	CODE	0034	31
E	DATA	A8	
E0	BIT	89	
E1	BIT	8B	
VISIAL	CODE	0000	2
VT0	BIT	B2	
VT1	BIT	B3	
P	DATA	B8	
P0	BIT	88	
P1	BIT	8A	
EKANAN	CODE	0053	44
EKIRI	CODE	006D	54
JRUS	CODE	0039	34
LAKU1	CODE	0003	4
LAKU2	CODE	000F	10
LAKU3	CODE	0014	13
LAKU4	CODE	0019	16
LAKU5	CODE	001E	19
7	BIT	D2	
	BIT	D0	
)	DATA	80	
L	DATA	90	
2	DATA	A0	
3	DATA	B0	
CON	DATA	87	
3	BIT	BC	
3W	DATA	D0	
0	BIT	B9	
1	BIT	BB	

SEM-51 V1.3

Copyright (c) 2002 by W.W. Heinz

PAGE 4

SYMBOL	TYPE	VALUE	LINE
0	BIT	B8	
1	BIT	BA	
38	BIT	9A	
)	BIT	B7	
EN	BIT	9C	
ESET	CODE	0000	
[	BIT	98	

S0	BIT	D3
S1	BIT	D4
XD	BIT	B0
BUF	DATA	99
CON	DATA	98
INT	CODE	0023
M0	BIT	9F
M1	BIT	9E
M2	BIT	9D
P	DATA	81
0	BIT	B4
1	BIT	B5
B8	BIT	9B
CON	DATA	88
F0	BIT	8D
F1	BIT	8F
H0	DATA	8C
H1	DATA	8D
I	BIT	99
IMER0	CODE	000B
IMER1	CODE	001B
L0	DATA	8A
L1	DATA	8B
MOD	DATA	89
R0	BIT	8C
R1	BIT	8E
XD	BIT	B1
R	BIT	B6

:  
: ASEM-51 V1.3  
: PAGE 1

Copyright (c) 2002 by W.W. Heinz

MCS-51 Family Macro Assembler A S E M - 5 1 V 1.3  
=====

: Source File: D:\My Documents\TES ASEMBLI\Program led dgn  
: timer\NyalaLedDgnTimer.asm  
: Object File: D:\My Documents\TES ASEMBLI\Program led dgn  
: timer\NyalaLedDgnTimer.hex  
: List File: D:\My Documents\TES ASEMBLI\Program led dgn  
: timer\NyalaLedDgnTimer.lst

: Line I Addr Code Source  
:  
: 1:  
: ;-----  
: 2: ; PROGRAM MEMATIKAN MENYLAKAN LED 1 DETIK  
: DNG TIMER  
: 3:  
: ;-----  
: 4: ;  
: 5: N 0064 RATUSAN EQU 100 ; 100 X 10000 UD = 1  
: DETIK  
: 6: N D8F0 CACAH EQU -10000  
: 7: N 0000 ORG 0H  
: 8: 0000 75 89 01 MOV TMOD,#01H ; GUNAKAN TIMER 0 MODE 16  
: BIT (0000 0001)  
: 9: 0003 MULAI:  
: 10: 0003 75 90 00 MOV P1,#00H ; HIDUOPKAN LED SELAMA 1  
: DETIK  
: 11: 0006 12 00 11 CALL TUNDA  
: 12: 0009 75 90 FF MOV P1,#0FFH ; MATIKAN LED SELAMA 1  
: DETIK  
: 13: 000C 12 00 11 CALL TUNDA  
: 14: 000F 80 F2 SJMP MULAI ; ULANGI LAGI DARI AWAL  
: 15: 0011 TUNDA:  
: 16: 0011 79 64 MOV R1,#RATUSAN  
: 17: 0013 LAGI:  
: 18: 0013 75 8C D8 MOV TH0,#HIGH CACAH ; ISI TH0 DENGAN  
: HIGH(CACAH)



: ET0	BIT	A9	
: ET1	BIT	AB	
: EX0	BIT	A8	
: EX1	BIT	AA	
: EXTIO	CODE	0003	
: EXTI1	CODE	0013	
: F0	BIT	D5	
: IE	DATA	A8	
: IE0	BIT	89	
: IE1	BIT	8B	
: INTO	BIT	B2	
: INT1	BIT	B3	
: IP	DATA	B8	
: IT0	BIT	88	
: IT1	BIT	8A	
: LAGI	CODE	0013	17
: MULAI	CODE	0003	9
: OV	BIT	D2	
: P	BIT	D0	
: P0	DATA	80	
: P1	DATA	90	
: P2	DATA	A0	
: P3	DATA	B0	
: PCON	DATA	87	
: PS	BIT	BC	
: PSW	DATA	D0	
: PT0	BIT	B9	
: PT1	BIT	BB	
: PX0	BIT	B8	
: PX1	BIT	BA	
: RATUSAN	NUMBER	0064	5
: RB8	BIT	9A	
: RD	BIT	B7	
: REN	BIT	9C	
: RESET	CODE	0000	
: RI	BIT	98	
: RS0	BIT	D3	
: RS1	BIT	D4	
: RXD	BIT	B0	

: ASEM-51 V1.3

Copyright (c) 2002 by W.W. Heinz

: PAGE 3

: SYMBOL	TYPE	VALUE	LINE
: SBUF	DATA	99	
: SCON	DATA	98	
: SINT	CODE	0023	

: SM0	BIT	9F	
: SM1	BIT	9E	
: SM2	BIT	9D	
: SP	DATA	81	
: T0	BIT	B4	
: T1	BIT	B5	
: TB8	BIT	9B	
: TCON	DATA	88	
: TF0	BIT	8D	
: TF1	BIT	8F	
: TH0	DATA	8C	
: TH1	DATA	8D	
: TI	BIT	99	
: TIMER0	CODE	000B	
: TIMER1	CODE	001B	
: TL0	DATA	8A	
: TL1	DATA	8B	
: TMOD	DATA	89	
: TR0	BIT	8C	
: TR1	BIT	8E	
: TUNDA	CODE	0011	15
: TUNGGU	CODE	001B	21
: TXD	BIT	B1	
: WR	BIT	B6	
:			

MCS-51 Family Macro Assembler A S E M - 5 1 V 1.3

```
Source File: D:\my documents\TES ASEMBLI\tes motor\tesmotor1.asm
Object File: D:\my documents\TES ASEMBLI\tes motor\tesmotor1.hex
List File:   D:\my documents\TES ASEMBLI\tes motor\tesmotor1.lst
```

line	I	Addr	Code	Source
1:		N	0000	org 0h
2:		0000		LURUS:
3:		0000	75 90 93	MOV P1,#93h ;BERI DATA KE DRIVER
4:		0003	12 00 1A	call delay
5:		0006	75 90 C6	MOV P1,#0c6h ;AGAR BERJALAN LURUS
6:		0009	12 00 1A	call delay
7:		000C	75 90 6C	MOV P1,#6ch ;BERI DATA KE DRIVER
8:		000F	12 00 1A	call delay
9:		0012	75 90 39	MOV P1,#39h ;AGAR BERJALAN LURUS
10:		0015	12 00 1A	call delay
11:		0018	80 E6	SJMP lurus
12:		001A	78 00	delay: mov r0,#0
13:		001C	79 64	mov r1,#100
14:		001E	D8 FE	cycle: djnz r0,cycle
15:		0020	D9 FC	djnz r1,cycle
16:		0022	22	ret
17:				end

register banks used: ---

no errors



L I S T O F S Y M B O L S

=====

SYMBOL	TYPE	VALUE	LINE
ASSEM_51	NUMBER	8051	
VERSION	NUMBER	0130	
	BIT	D6	
:	DATA	E0	
	DATA	F0	
	BIT	D7	
FILE	CODE	001E	14
RAY	CODE	001A	12
[	DATA	83	
,	DATA	82	
	BIT	AF	
	BIT	AC	
	BIT	A9	
	BIT	AB	
	BIT	A8	
	BIT	AA	
'I0	CODE	0003	
'I1	CODE	0013	
	BIT	D5	
	DATA	A8	
	BIT	89	
	BIT	8B	
'0	BIT	B2	
'1	BIT	B3	
	DATA	B8	
	BIT	88	
	BIT	8A	
US	CODE	0000	2
	BIT	D2	
	BIT	D0	
	DATA	80	
	DATA	90	
	DATA	A0	
	DATA	B0	
ON	DATA	87	
	BIT	BC	

I	DATA	D0
)	BIT	B9
.	BIT	BB
)	BIT	B8
.	BIT	BA
)	BIT	9A
.	BIT	E7
I	BIT	9C
SET	CODE	0000
)	BIT	98
.	BIT	D3
)	BIT	D4
IF	BIT	E0
	DATA	99



MBOL	TYPE	VALUE	LINE
DN	DATA	98	
IT	CODE	0023	
)	BIT	9F	
.	BIT	9E	
2	BIT	9D	
	DATA	81	
	BIT	B4	
	BIT	B5	
}	BIT	9B	
DN	DATA	88	
)	BIT	8D	
.	BIT	8F	
)	DATA	8C	
.	DATA	8D	
	BIT	99	
IER0	CODE	000B	
IER1	CODE	001B	
)	DATA	8A	
.	DATA	8B	
0D	DATA	89	
)	BIT	8C	
.	BIT	8E	
)	BIT	B1	
	BIT	B6	

# NMB PERMANENT MAGNET (PM) STEP MOTORS

## Custom Features and Options

Manufacturing capabilities enable NMB to manufacture motors with a wide variety of custom features. Listed below are some of the features and options available for NMB Permanent Magnet (PM) motors. Please discuss other options not specifically mentioned here with your NMB sales engineer.

**PG** motors are PM motors with a plastic planetary gear box.

**PL** (Lead Screw) motors are PM motors with a non-standard threaded shaft (e.g. molded plastic thread.)

**L** (Linear) motors are linear actuators based on PM construction.

An encapsulated stator design gives greater dimensional control and improved thermal characteristics.

Custom and standard shaped mounting plates are available. Mounting holes can be:

- Threaded
- Tapped
- Slotted
- Custom

Three different types of permanent magnets are available.

- Ferrite Plastic Magnet
- Ferrite Sintered Magnet
- Nd-Fe-B Bonded Magnet

Long life oil impregnated bushings are used in PM, PG, and PL (Lead Screw) type motors. NMB ball bearings are used in L (Linear) type motors.

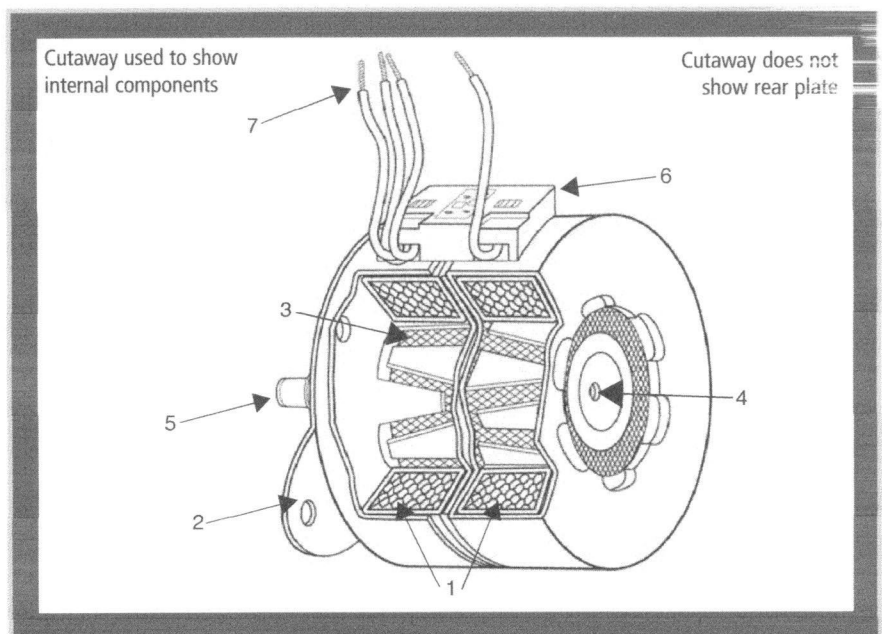
A variety of shaft, gear & pulley options are available.

### Shafts:

- Custom Lengths
- Single & Double Shafts
- D-cut/s
- Turn Downs
- Thru-Holes
- Threaded
- Knurled
- Grooved

### Gears & Pulleys:

- Machined
- Plastic Molded
- Powdered Metal (Sintered)



### 6. Motor side connection method & lead wire options.

#### Lead Wire:

Lead Wire Exit Direction / Exit Angles

#### Motor Side Connection Method:

- Wire Holder Type Connector (4 or 5 leads)
- Printed Circuit Board (PCB) With Connector
- Pin Terminal
- Flexible Printed Circuit (FPC)

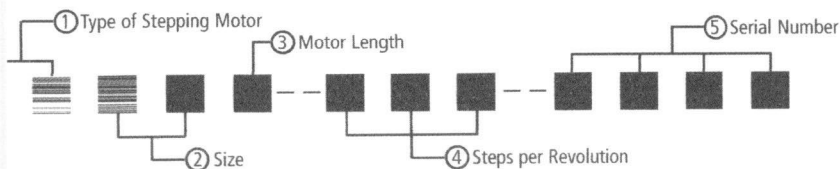
### 7. Driver side connector options:

- Standard
- Special Order (Non-NMB standard)
- None (Flying leads)

The availability of some features and options may vary depending on the motor type and frame size.

# PM SERIES STEP MOTORS

## Model Numbering System



① Type of Stepping Motor  
 PM...Permanent Magnet  
 PL ...Lead Screw/Linear Type  
 PG ...Geared Type

③ Motor Length  
 S ...Short  
 M...Medium  
 L ...Long

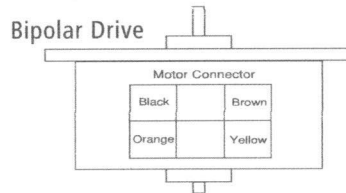
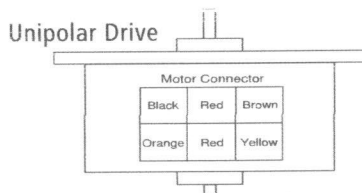
② Size  
 Motor O.D. in mm  
 (Ex: Size 10 = 10mm Dia.)

④ Steps per Revolution  
 Number of Steps per Rotation  
 (Ex: 020 = 18 Degree Steps)

⑤ Serial Number

## General Specifications

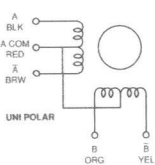
Impedance Resistance.....	100M Ω MIN
Dielectric Strength.....	500V AC 1 min
Class of Insulation.....	Class E
Operating Temperature Range.....	-10°C ~ +50°C
Storage Temperature.....	-30°C ~ +80°C
Operating Humidity.....	20% RH ~ 90% RH



## Winding Diagram and Switching

### Unipolar Drive

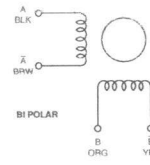
	Black	Brown	Orange	Yellow	Red/Red
1	-			-	+
2	-		-		+
3		-	-		+
4		-		-	+



CW Rotation Facing Mounting End

### Bipolar Drive

	Black	Brown	Orange	Yellow
1	-	+	+	-
2	-	+	-	+
3	+	-	-	+
4	+	-	+	-



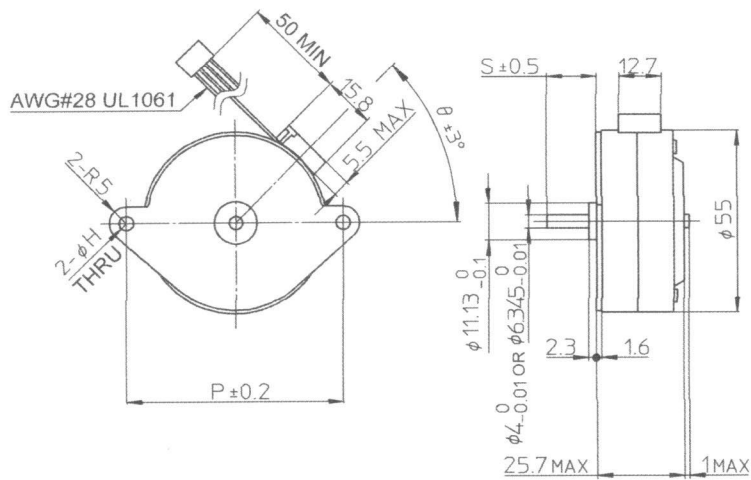
CW Rotation  
 CCW Rotation

CW Rotation Facing Mounting End

Coil Connectors attached to the motor are force inserted and cannot be removed.

# PM55L-048

p m



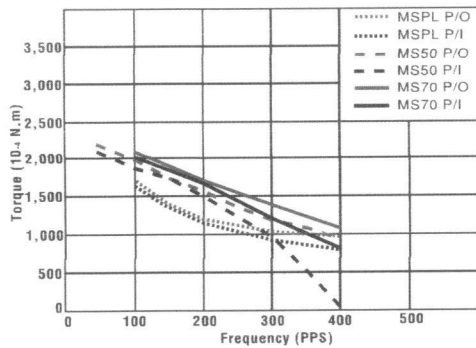
UNIT: mm

Note: See page 38 for options on pitch (P), mounting holes (H) and lead wire exit angle ( $\theta$ ).

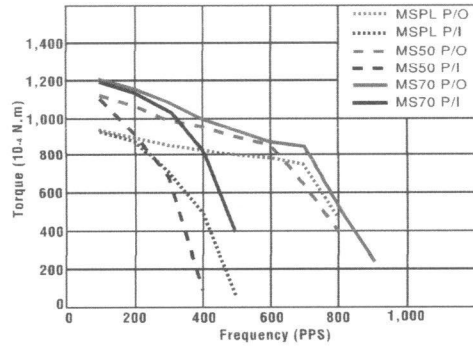
### Specifications

Reference Characteristics		
Motor Size	PM55L 0--	
No. of Steps per Rotation	48 (7.5° / Step)	
Drive Method	2-2 PHASE	
Drive Circuit	UNIPOLAR CONST. VOLT.	BIPOLAR CHOPPER
Drive Voltage	24 [V]	24 [V]
Current / PHASE		600 [mA]
Coil Resistance / PHASE	30 [ $\Omega$ ]	6 [ $\Omega$ ]
Drive IC	SMDT - 002	UDN2916B-V
Magnet Material	Ferrite plastic magnet, Polar anisotropy ferrite sintered magnet, Nd-Fe-B bonded magnet	

PM55L-048 UNI-CONST. V (at 24 [V], 30 [ $\Omega$ ])



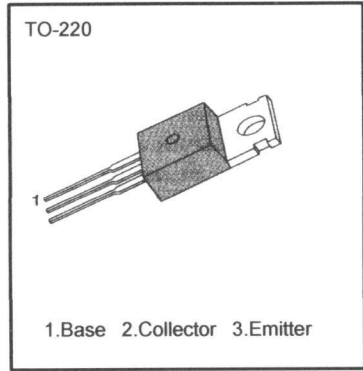
PM55L-048 BI-CHOPPER (at 24 [V], 6 [ $\Omega$ ], 600 [mA])



# NPN EPITAXIAL TIP120/121/122                      DARLINGTON TRANSISTOR

## MEDIUM POWER TRANSISTOR SWITCHING APPLICATIONS

• Complementary to TIP125/126/127



### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Characterist	Symbol	Rating	Unit
Collector-Base Voltage : TIP120	V <sub>CBO</sub>	60	V
: TIP121		80	V
: TIP122		100	V
Collector-Emitter Voltage : TIP120	V <sub>CEO</sub>	60	V
: TIP121		80	V
: TIP122		100	V
Emitter-Base Voltage	V <sub>EBO</sub>	5	V
Collector Current (DC)	I <sub>C</sub>	5	A
Collector Current (Pulse)	I <sub>C</sub>	8	A
Base Current (DC)	I <sub>B</sub>	120	mA
Collector Dissipation (T <sub>A</sub> =25°C)	P <sub>C</sub>	2	W
Collector Dissipation (T <sub>C</sub> =25°C)	P <sub>C</sub>	65	W
Junction Temperature	T <sub>J</sub>	150	°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	-65 ~ 150	°C

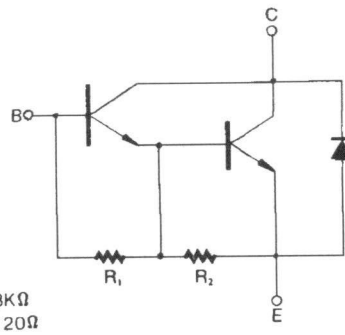
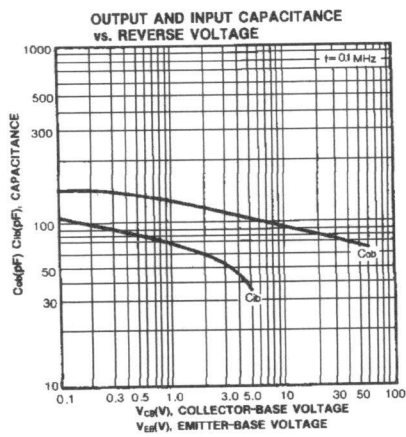
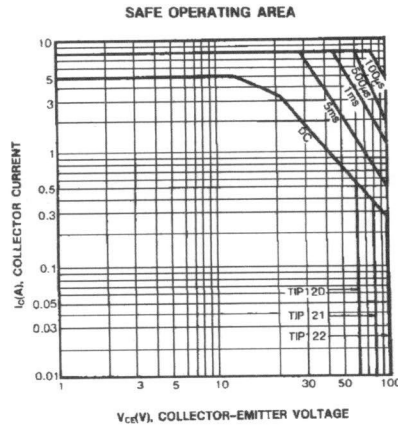
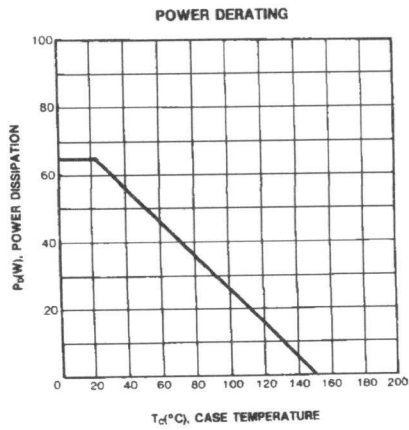
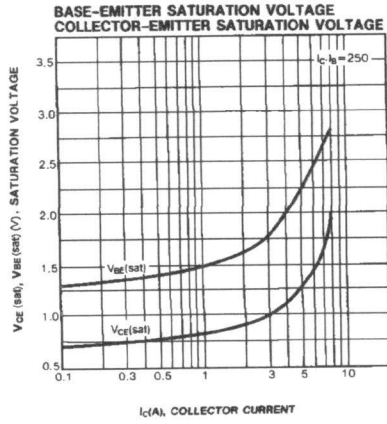
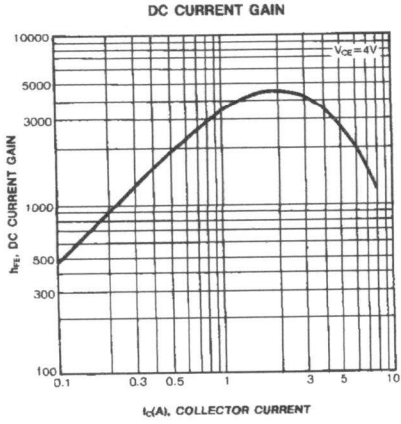
### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T<sub>C</sub> = 25°C)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min	Max	Unit
Collector Emitter Sustaining V <sup>CE(sus)</sup> : TIP120	V <sub>CEO(sus)</sub>	I <sub>C</sub> = 100mA, I <sub>B</sub> = 0	60		V
: TIP121			80		V
: TIP122			100		V
Collector Cutoff Current : TIP120	I <sub>CEO</sub>	V <sub>CE</sub> = 30V, I <sub>B</sub> = 0		2	mA
: TIP121				2	mA
: TIP122				2	mA
Collector Cutoff Current : TIP120	I <sub>CBO</sub>	V <sub>CB</sub> = 60V, I <sub>E</sub> = 0		1	mA
: TIP121				1	mA
: TIP122				1	mA
Emitter Cutoff Current	I <sub>EBO</sub>	V <sub>BE</sub> = 5V, I <sub>C</sub> = 0		2	mA
* DC Current Gain	h <sub>FE</sub>	V <sub>CE</sub> = 3V, I <sub>C</sub> = 0.5A	1000		
		V <sub>CE</sub> = 3V, I <sub>C</sub> = 3A	1000		
* Collector Emitter Saturation Voltage	V <sub>CE(sat)</sub>	I <sub>C</sub> = 3A, I <sub>B</sub> = 12mA		2.0	V
		I <sub>C</sub> = 5A, I <sub>B</sub> = 20mA		4.0	V
* Base Emitter On Voltage	V <sub>BE(on)</sub>	V <sub>CE</sub> = 3V, I <sub>C</sub> = 3A		2.5	V
Output Capacitance	C <sub>OB</sub>	V <sub>CB</sub> = 10V, I <sub>E</sub> = 0, f = 0.1MHz		200	pF

\* Pulse Test: PW ≤ 300<sub>ms</sub>, Duty Cycle ≤ 2%

TIP120/121/122

NPN EPITAXIAL  
DARLINGTON TRANSISTOR





## TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE<sub>x</sub>™  
CoolFET™  
CROSSVOLT™  
E<sup>2</sup>CMOS™  
FACT™  
FACT Quiet Series™  
FAST®  
FAST<sub>r</sub>™  
GTO™  
HiSeC™

ISOPLANAR™  
MICROWIRE™  
POP™  
PowerTrench™  
QS™  
Quiet Series™  
SuperSOT™-3  
SuperSOT™-6  
SuperSOT™-8  
TinyLogic™

## DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

## LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

## PRODUCT STATUS DEFINITIONS

### Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.