

ROBOT KARTESIAN PEMINDAH BENDA DENGAN DETEKTOR POSISI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Kelulusan Pendidikan Strata Satu (S1)
Program Studi Teknik Elektro**

Oleh :

**BASO SIRMAN
Nim : 01498-018**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2004**

LEMBAR PENGESAHAN
ROBOT KARTESIAN PEMINDAH BENDA
DENGAN DETEKTOR POSISI

Diajukan Untuk memenuhi Salah Satu Syarat
Kelulusan Pendidikan Strata Satu (S1)
Program Studi Teknik Elektro

Oleh :
BASO SIRMAN
NIM : 01498-018

Disetujui Oleh :
Pembimbing

(Ir. Eko Ihsanto, M.Eng)

Mengetahui :
Ketua Jurusan / Koordinator Tugas Akhir Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri

(DR. Ing. Mudrik Alaydrus)

ABSTRAK

Perkembangan teknologi elektronika berbasis PC (Personal Computer) dewasa ini berkembang dengan sangat pesat, hal ini menyebabkan kita lebih kreatif dalam menciptakan dan memanfaatkan serta mendayagunakan dengan semaksimal mungkin dari apa yang kita peroleh dari perkembangan teknologi elektronika tersebut.

Alat yang dirancang yaitu Robot Kartesian Pemindah Benda dimana fungsi utama dari alat ini adalah memindahkan benda dari satu tempat ketempat lain secara otomatis. Robot terdiri dari Aktuator (motor tiga dimensi & motor gripper) dan sensor posisi benda. Robot ini memiliki kelebihan yaitu sistem pengendaliannya diatur oleh komputer yang dapat dengan mudah diperoleh dipasaran bebas. Interface antara komputer dengan perangkat robot ini menggunakan slot ISA yang ada pada Main Board komputer.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan karunia-Nya, terutama nikmat sehat dan kesempatan bagi penulis untuk dapat menyelesaikan pembuatan dan penulisan tugas akhir ini dengan baik.

Setelah menjalani hari-hari dengan penuh keputusasaan karena begitu banyak kendala yang dihadapi dalam masa penyelesaian tugas akhir ini, Alhamdulillah pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak, terutama pada:

1. Bapak **Ir. Eko Ihsanto, M.Eng.** selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bantuan berupa nasehat, masukan, dorongan dan bimbingan selama penulis menyelesaikan tugas akhir.
2. Bapak **Ir. Andi Adriansyah, M.sc.** selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penulis menjalani masa perkuliahan.
3. Bapak **DR. Ing. Mudrik Alaydrus** selaku Koordinator Tugas Akhir dan Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Segenap dosen pengajar Teknik Elektro UMB yang telah memberikan kuliah dan berbagai ilmu pengetahuan selama penulis menjalani masa perkuliahan.
5. Teman-teman mahasiswa jurusan Teknik Elektro khususnya angkatan '98.
6. Keluarga yang telah begitu banyak berkorban untuk penulis terutama Ibunda tercinta dan ketiga adikku (Ani, Angka, Iwan) beserta saudara-saudaraku.
7. Heryati munarti dan keluarga (Bpk.Natsir, Almarhum Ibu Fatimah, Diana, Tina) yang tidak henti-hentinya memberikan semangat dan dukungan serta doanya.
8. Teman - teman di Ukm RMB (Fajar, Dyah, Lia, Hety, Jule, Heny, K-Kek, Beserta junior - juniorku)

9. Teman - teman seperjuangan (Roby, Ano, Ryo, Arif, Noval, Boma, Dibud, Boyke, Manto, Amsar, Bayu, Ipunk, Suro)

Kritik dan saran membangun dari para pembaca sekalian sangat penulis harapkan guna penyempurnaan karya-karya penulis di masa yang akan datang. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Wassalam.

Jakarta, Agustus 2004

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Lembar Pengesahan.....	i
Abstrak.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftara Isi.....	iv
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penulisan.....	2
1.3. Pembatasan Masalah.....	2
1.4. Prinsip Kerja.....	2
1.5. Metode Penulisan.....	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Robot.....	5
2.2. Resistor.....	7
2.3. Transistor.....	10
2.3.1. Transistor sebagai saklar.....	11
2.3.2. Transistor sebagai penguat.....	14
2.4. Operasional Amplifier (OpAmp)	18

	2.4.1. Penguat Inverting.....	19
	2.4.2. Penguat Non-Inverting.....	20
	2.5. Motor Stepper.....	21
	2.5.1. Prinsip kerja motor stepper.....	22
	2.5.2. Motor stepper Unipolar.....	24
	2.5.3. Karakteristik motor stepper.....	25
	2.6. Perangkat keras IBM PC.....	26
	2.6.1. Peta alamat I/O IBM PC	29
	2.6.2. Rangkaian PPI 8255.....	35
	2.7. Port Paralel.....	37
BAB III	PERANCANGAN ALAT.....	38
	3.1. Perancangan Sistem Pengendali Robot.....	38
	3.2. Perancangan Rangkaian Interface.....	41
	3.2.1. Pengalamatan PPI Card.....	42
	3.2.2. Decoder Alamat.....	44
	3.3. Rangkaian Sensor Benda.....	45
	3.4. Rangkaian Pengendali Motor Stepper.....	46
BAB IV	PENGUJIAN ALAT.....	53
	4.1. Pengujian PPI 8255.....	53
	4.2. Pengujian Driver motor.....	55
	4.3. Pengujian Rangkaian Sensor.....	56
	4.4. Pengujian Alat Secara Keseluruhan.....	57
BAB V	KESIMPULAN.....	65
	DAFTAR PUSTAKA.....	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Lambang resistor.....	8
Gambar 2.2 Grafik tegangan pada sebuah resistor.....	8
Gambar 2.3 (a) Gambar simbol LDR (b) Gambar struktur LDR.....	9
Gambar 2.4 Simbol sirkit transistor.....	11
Gambar 2.5 Transistor sebagai saklar	12
Gambar 2.6 Grafik Output dari Transistor, Keadaan Cutoff dan Keadaan Jenuh.....	13
Gambar 2.7 Rangkaian penguat sederhana dengan satu transistor.....	15
Gambar 2.8 Sifat dari transistor pada rangkaian penguat common emitor dengan garis beban pada karakteristik output, titik kerja dan besar sinyal AC pada input, arus basis, arus kolektor dan output rangkaian.....	18
Gambar 2.9 Penguat inverting.....	19
Gambar 2.10 (a) Penguat non-Inverting (b) Pengikut tegangan (c) Sumber arus.....	21
Gambar 2.11 Skema Motor Stepper.....	23
Gambar 2.12 Susunan lilitan motor stepper unipolar.....	25
Gambar 2.13 Diagram terminal slot ISA IBM PC.....	27
Gambar 2.14 Diagram blok PIO 8255.....	32
Gambar 2.15 Fungsi pin IC 8255.....	33
Gambar 2.16 Rangkaian PPI 8255.....	36
Gambar 3.1 Blok diagram rangkaian keseluruhan.....	38

Gambar 3.2 Blok diagram Card Interface.....	41
Gambar 3.3 Rangkaian Sensor Benda Menggunakan Comparator Analog.....	45
Gambar 3.4 Rangkaian pengendali motor stepper.....	47
Gambar 3.5 Flow Chart Program.....	48
Gambar 4.1 Pengujian Rangkaian Driver Motor.....	55
Gambar 4.2 Pengujian Rangkaian Sensor.....	56
Gambar 4.3 Posisi awal Robot beserta letak-letak Sensornya.....	59
Gambar 4.4 Posisi Robot saat akan mengambil benda pada sensor 1.....	60
Gambar 4.5 Posisi Robot pada saat mengambil benda pada sensor 1.....	60
Gambar 4.6 Posisi Robot saat akan mengambil benda pada sensor 2.....	61
Gambar 4.7 Posisi Robot pada saat mengambil benda pada sensor 2.....	61
Gambar 4.8 Posisi Robot saat akan mengambil benda pada sensor 3.....	62
Gambar 4.9 Posisi Robot pada saat mengambil benda pada sensor 3.....	62
Gambar 4.10 Posisi Robot saat akan mengambil benda pada sensor 4.....	63
Gambar 4.11 Posisi Robot pada saat mengambil benda pada sensor 4.....	63
Gambar 4.12 Rangkaian Keseluruhan.....	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Pola kemudi motor stepper unipolar.....	25
Tabel 2.2 Fungsi setiap sinyal IBM PC.....	28
Tabel 2.3 Peta alamat komputer IBM PC.....	30
Tabel 2.4 Susunan Port PIO 8255.....	33
Tabel 2.5 Format kata kendali jenis operasi untuk PIO 8255.....	34
Tabel 2.6 Tabel logika dari komparator 74LS688.....	37
Tabel 3.1 Hubungan data bus dan port menggunakan sinyal A0 dan A1.....	41
Tabel 3.2 Tabel kebenaran 74LS688.....	44
Tabel 4.1 Daftar Harga Output dan Input PPI 8255 untuk Menentukan Gerakan Motor.....	54
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian Driver Motor.....	55
Tabel 4.3 Pengujian Alat Secara Keseluruhan.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peranan robot sebagai ‘asisten manusia’ dalam dunia industri, dapat meningkatkan kualitas, produktivitas dan efisiensi pada suatu rangkaian proses produksi. Penggunaan robot pada proses industri yang melibatkan temperatur tinggi, cairan kimia berbahaya, gas beracun, obyek radioaktif, obyek berat, obyek tajam dan lain sebagainya, dapat memperkecil resiko terjadinya kecelakaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja yang terlibat dalam proses industri tersebut.

Robot juga dapat menggantikan manusia pada proses-proses yang dapat dikatakan sebagai ‘penurunan martabat manusia’ (dehumanization), seperti pekerjaan berulang-ulang yang membosankan dan tidak memberikan peningkatan keterampilan, atau pekerjaan yang dilakukan pada waktu dan/atau lingkungan yang tidak nyaman.

Salah satu contoh pekerjaan tersebut adalah pengambilan dan penyimpanan material. Terlebih lagi jika material tersebut dapat membahayakan keselamatan manusia, seperti unsur radio aktif, wadah berisi cairan kimia berbahaya, dan lain-lain. Atau obyek yang dapat rusak bila terkena sentuhan tangan manusia, seperti preparat jaringan organ hewan, komponen semi konduktor tertentu dan lain-lain. Oleh karena itu, penulis memilih tema “Perancangan Robot Kartesian Pemindah Benda Dengan Detektor Posisi” dalam penyusunan tugas akhirnya.

1.2 Tujuan Penulisan

Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk merancang suatu sistem robot yang berfungsi memindahkan material dari suatu tempat ke tempat penyimpanannya.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam kesempatan ini penulis membatasi ruang lingkup kajiannya pada:

1. Perancangan mekanik dan elektronik
 - Perancangan mekanisme robot.
 - Perancangan sistem pengendali gerak robot.
 - Perancangan sensor
2. Penyusunan perangkat lunak untuk operasi robot.
3. Pembuatan robot.
4. Ujicoba operasional.

1.4 Prinsip Kerja

Pemberian perintah/input dari *user* kepada robot yang dirancang penulis, dilakukan melalui *keyboard* dan *mouse*. Setelah menerima perintah, program akan menentukan posisi benda yang akan diambil, kemudian memicu serta mengendalikan sistem pengendali gerak robot, sehingga robot akan bergerak sesuai dengan lintasan kerja tersebut.

1.5 Metode Penulisan

Dalam pembuatan skripsi ini penulis mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan alat yang dibuat disini, adapun pembuatan alat ini dilakukan dengan cara :

a. Wawancara

Penulis menanyakan langsung tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan masalah yang penulis hadapi kepada teman-teman dan orang-orang yang mengerti.

b. Belajar dari buku-buku

Dalam hal ini penulis banyak belajar dari buku yang berhubungan dengan pembuatan alat ini, hal ini sangat menunjang untuk mempelajari fungsi dan konfigurasi dari komponen yang digunakan dalam merancang alat ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penjelasan mengenai pokok-pokok bahasan dari tiap bagian laporan tugas akhir ini, penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan hal-hal yang mendasari pengerjaan tugas akhir ini, seperti latar belakang masalah, tujuan penulisan judul, batasan-batasan masalah, metode pembahasan dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisikan tentang teori motor stepper, teori LDR, Interface PPI 8255, Resistor, Transistor, yang diterapkan dan yang mendukung sistem kerja dari rangkaian.

BAB III PERANCANGAN ALAT

Menjelaskan tentang perancangan perangkat elektronik dan mekanik (*hardware*) serta perangkat lunak (*software*) mekanis dan komponen dalam penyusunannya, pembuatan awal hingga menjadi suatu benda jadi yang siap dioperasikan.

BAB IV PENGUJIAN PERALATAN

Berisikan penjelasan tentang pengujian alat dan pengumpulan data hasil pengujian tersebut.

BAB V KESIMPULAN

Berisikan resume dan kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan pembahasan laporan tugas akhir ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Robot

Robot didefinisikan sebagai sebuah manipulator (lengan mekanis) multiguna yang operasinya dapat diprogram dan dirancang untuk memindahkan/menggerakkan material, komponen, perkakas atau peralatan khusus yang gerakannya diprogram mengikuti suatu lintasan untuk menuju posisi dan orientasi tertentu sesuai dengan operasi kerjanya.

Sistem robot terdiri dari empat bagian utama, yaitu:

- **Manipulator**, adalah struktur lengan mekanis yang bergerak.
- **Aktuator**, sebagai penggerak yang menggerakkan *joint* (sambungan) manipulator, yang dapat berupa motor listrik, aktuator pneumatis, atau aktuator hidraulis.
- **Sistem komputer-pengendali**, dimana komputer berfungsi sebagai penyimpan dan pengolah program kerja, yang dihubungkan dengan rangkaian pengendali yang mengendalikan gerak manipulator.
- **Sensor**, sebagai pendeteksi posisi benda.

Pada umumnya struktur manipulator terdiri atas *mainframe* dan *wrist* (pergelangan). Pada *wrist* dipasang *end effector* yang dapat berupa *gripper* (pemegang obyek) atau peralatan lain, misalnya *welding gun*, *spray gun*, *drilling tool*, dan lain-lain tergantung aplikasi spesifik dari robot.

Mainframe yang sering disebut sebagai *arm* (lengan) robot, umumnya terdiri atas rangkaian link yang satu sama lain dihubungkan oleh *joint*. Dengan adanya *joint* yang menyambung dua link yang berurutan, dimungkinkan terjadinya gerak relatif antar link. Setiap *joint* memiliki satu derajat kebebasan yang dapat berbentuk *revolute joint* (rotatif) atau *prismatic joint* (translatif). Dengan mengendalikan gerak *joint*, maka dapat dikendalikan gerak relatif antar *link*.

Sebuah robot dapat memiliki 4, 5, atau 6 derajat kebebasan. Tiga derajat kebebasan yang pertama dimiliki oleh 3 buah *joint* yang terdapat pada *mainframe*, dapat berbentuk derajat kebebasan rotatif atau translatif. Ketiga derajat kebebasan ini dimanfaatkan untuk mencapai sebuah titik tertentu di ruang. Derajat kebebasan selebihnya, yang berbentuk derajat kebebasan rotatif, dimiliki oleh *wrist* dan dimanfaatkan untuk menentukan orientasi *end effector* agar sesuai dengan fungsi kerja yang harus dilaksanakan. Derajat kebebasan rotatif pada *wrist* mengemulasi gerak *roll*, *pitch*, dan/atau *yaw*.

Gerak robot dapat dikategorikan menjadi gerak *mainframe* (untuk mencapai suatu titik di ruang) dan gerak *wrist* (untuk menentukan orientasi *end effector*). Gerak robot dilaksanakan dengan adanya aktuator untuk masing-masing *joint*. Aktuator dapat dikopel langsung dengan *joint* lewat sebuah sistem transmisi. Setiap *joint* diatur dengan sistem kontrol yang akan mengatur gerak masing-masing derajat kebebasan, sehingga posisi dan orientasi *end effector* sesuai dengan program kerjanya.

Berdasarkan pada konstruksi *mainframe*, mayoritas robot industri dapat dikategorikan dalam 4 konfigurasi, yaitu: robot cartesian, robot silindris, robot

spheris dan robot artikulasi. Pada manipulator konfigurasi cartesian, tiga buah *joint* pada *mainframe* semuanya adalah *prismatic joint*. Gerak 3 derajat kebebasan pada *mainframe* merupakan gerak linier (translasi) yang saling tegak lurus dan membentuk daerah kerja berbentuk tetrahedral. *Mainframe* manipulator konfigurasi silindris terdiri atas sebuah revolute *joint* yang menghasilkan gerak rotasi sekitar base dan dua buah *prismatic joint* yang menghasilkan gerak linier terhadap *joint* kedua dan *joint* ketiga. Struktur *mainframe* manipulator konfigurasi spheris dibentuk oleh dua buah revolute *joint* yang menghasilkan gerak rotasi sekitar *joint* pertama (base) dan sekitar *joint* kedua, dan sebuah *prismatic joint* yang menghasilkan gerak linier terhadap *joint* ketiga. Manipulator konfigurasi artikulasi adalah sebuah manipulator yang tiga buah *joint* pertamanya berupa revolute *joint* yang menghasilkan gerak rotasi sekitar sumbu gerak masing-masing *joint*.

Disamping empat konfigurasi dasar tersebut, untuk robot industri dikenal pula konfigurasi SCARA (*Selective Compliance Assembly Robotic Arm*), dengan *mainframe* yang terdiri atas dua buah revolute *joint* dan sebuah *prismatic joint*. Bedanya dengan robot spheris adalah: pada robot spheris kedua sumbu gerak rotasi saling tegak lurus, maka pada robot SCARA kedua sumbu gerak rotasi sejajar (vertikal).

2.2. Resistor

Resistor adalah suatu piranti elektronika yang berfungsi untuk menahan dan membatasi arus listrik, satuannya adalah Ohm dengan simbol satuan Ω . Nilai satuan sebuah resistor ditunjukkan oleh beberapa cincin berwarna yang melingkar

disekelilingnya ataupun terkadang tertera langsung pada bagian yang mudah terlihat dari resistor tersebut. Gambar 2.1 dibawah ini memperlihatkan lambang dari sebuah resistor.

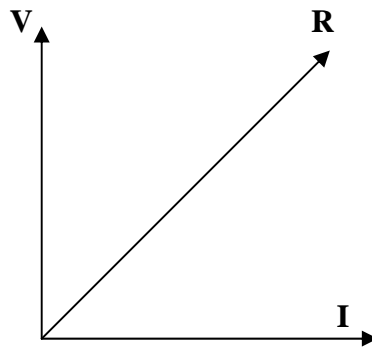


Gambar 2.1. Lambang resistor

Sifat resistansi dari sebuah resistor menyebabkan resistor membatasi aliran arus listrik yang mengalir padanya, hal ini dinyatakan dengan persamaan :

$$I = \frac{V}{R} \text{ (A)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Sedangkan grafik tegangan terhadap arus ditunjukkan seperti gambar 2.2 berikut :



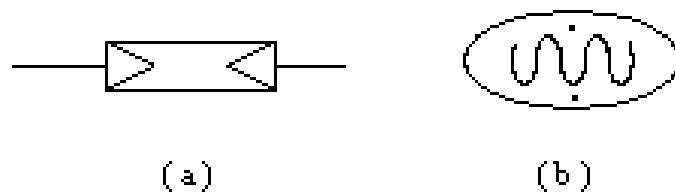
Gambar 2.2. Grafik tegangan pada sebuah resistor

Resistor dapat terbakar karena arus yang melebihi kemampuan disipasi daya resistor tersebut, untuk itu dalam pemilihan pemakaian resistor perlu pula

diketahui daya yang sanggup ditangani resistor tersebut. Untuk menghitung daya yang ditanggung sebuah resistor digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = I^2 \cdot R \text{ (Watt) } \dots\dots\dots(2.2)$$

Jenis lain dari resistor adalah LDR (Light Dependent Resistor), dimana kapasitas dari LDR ini dapat berubah bila terkena cahaya atau sinar. LDR dibuat dari bahan semikonduktor kecil yang ditempatkan dalam sebuah kotak kecil yang kuat dan ringan yang diberi kaca plastik pada bagian kotak tersebut, agar cahaya matahari dapat menyinari semikonduktor tadi. Simbol dan struktur LDR dapat dilihat pada gambar 2.3a dan gambar 2.3b



2.3.(a) Gambar simbol LDR (b) Gambar struktur LDR

Apabila dilihat dari bentuk fisiknya, komponen LDR berbeda dengan resistor. Tetapi penggunaannya terutama dalam pemasangannya tidak ada bedanya dengan resistor. Perbedaan antara LDR satu dengan yang lainnya adalah dari segi luas penampang atau dari bentuk fisiknya saja. Adapun struktur dari LDR terdiri atas dua macam yaitu :

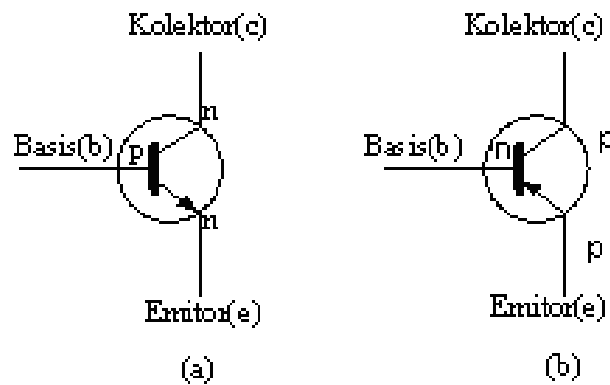
- a. Konduktif cadmium sulfida (Cds)
- b. Kontak film metal

Cadmium sulfida mempunyai struktur yang sama dengan kontak film metal hanya saja bahannya berbeda. Dan untuk kontak film metal dibuat secara berkeluk-luk dan letaknya pada lapisan sebelah atas. Kontruksi semacam ini mempunyai tujuan agar permukaan film dapat diperluas dan kemudian dilapisi resin.

LDR sangat peka terhadap cahaya, yang mana nilai tahananannya dapat berubah-ubah secara ekstrim bila terjadi perubahan cahaya. Bila situasi lingkungan gelap, maka nilai tahanan yang dipunyai LDR akan bisa mencapai hitungan Mega Ohm. Tetapi bila mana kondisi lingkungannya berubah menjadi terang benderang, maka nilai tahanan yang dipunyai akan berubah menjadi beberapa Ohm saja. Kepekaan LDR dalam menerima besar kecilnya intensitas cahaya sangat tergantung pada cahaya yang masuk. Sebab setiap warna cahaya mempunyai intensitas atau kuat penyinaran yang berbeda dengan cahaya yang berwarna kuning. Dan yang paling besar nilai pancarannya adalah cahaya yang berwarna putih.

2.3. Transistor

Transistor merupakan alat dengan tiga terminal seperti yang diperlihatkan oleh simbol sirkit pada gambar 2.4. Setelah bahan semikonduktor dasar diolah, terbentuklah bahan semikonduktor jenis p dan n. Walaupun proses pembuatannya banyak, pada dasarnya transistor merupakan tiga lapis gabungan kedua jenis bahan tadi, yaitu NPN atau PNP.

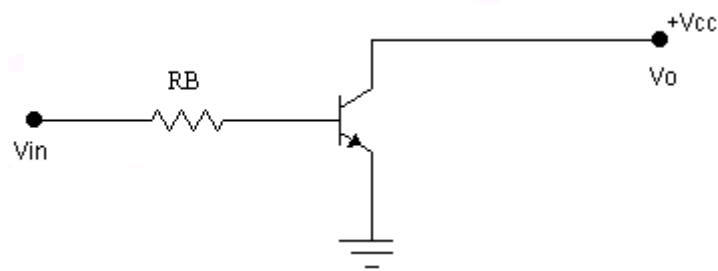


Gambar 2.4. Simbol sirkit transistor

2.3.1 Transistor Sebagai Saklar

Daerah kerja transistor dapat diklarifikasikan dalam empat tegangan bias yang berlainan polaritasnya, yakni:

1. Daerah putus, yakni apabila diberikan prategangan balik yang cukup besar pada kedua sambungan emitor dan kolektornya, maka arus pada terminalnya akan konstan (gambar 2.6 titik cutoff).
2. Daerah aktif, yakni apabila hubungan emitor mendapat prategangan maju dan hubungan kolektor dengan prategangan balik (gambar 2.6 garis putus-putus).
3. Daerah hubungan mundur, yakni apabila hubungan emitor dengan prategangan balik dan hubungan kolektor dengan aktif hanya ada pertukaran fungsi emitor dengan kolektornya.
4. Daerah jenuh, yakni apabila hubungan kolektor kedua mendapat prategangan maju (gambar 2.6 titik jenuh).

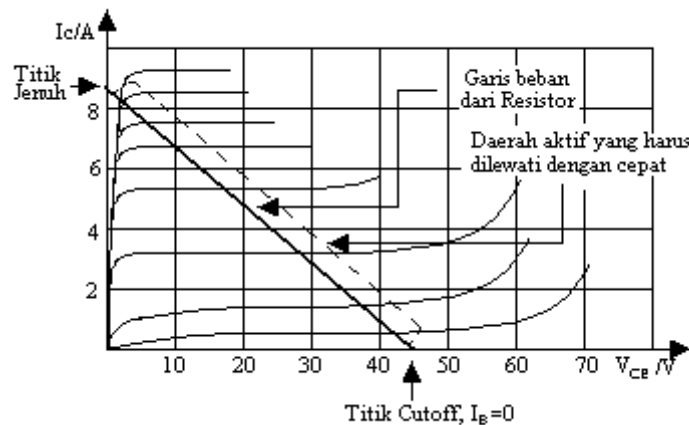


Gambar 2.5. Transistor sebagai saklar

Satu saklar adalah suatu alat dengan dua sambungan dan bias memiliki dua keadaan, yaitu keadaan on dan keadaan off. Keadaan off/ tutup merupakan suatu keadaan di mana tidak ada arus yang mengalir. Keadaan on/ buka merupakan suatu keadaan yang mana arus bias mengalir dengan bebas atau dengan kata lain (secara ideal) tidak ada resistivitas dan besar voltase pada sakelar sama dengan nol.

Dari grafik rangkaian seri transistor dengan resistor, yaitu grafik output transistor (grafik I_C terhadap V_{CE}) dengan grafik resistor beban seperti diperlihatkan dalam gambar 2.6 terlihat bahwa transistor bias memiliki sifat sakelar tersebut. Ketika arus basis nol, tidak ada arus kolektor, berarti transistor tutup. Titik itu juga disebut transistor dalam keadaan putus atau cutoff dan merupakan sakelar terbuka. Kalau arus basis bertambah besar, arus kolektor bertambah besar sampai garis beban memotong garis output (I_C terhadap V_{CE}) terakhir. Pada titik itu arus kolektor tidak bisa bertambah lagi walaupun arus basis terus naik. Titik itu disebut titik kejenuhan atau titik jenuh (saturation point). Kalau arus basis lebih besar daripada yang diperlukan untuk mencapai titik jenuh atau saturasi, dikatakan transistor dalam keadaan over saturation atau saturasi berlebihan. Dalam keadaan saturasi dan *over saturation*, voltase kolektor-emitor

kecil ($\approx 0,2 - 0,3$ V). Itu berarti dalam situasi ini transistor merupakan (sedikitnya mendekati) sakelar tertutup.



Gambar 2.6. Grafik Output dari Transistor, Keadaan Cutoff dan Keadaan Jenuh

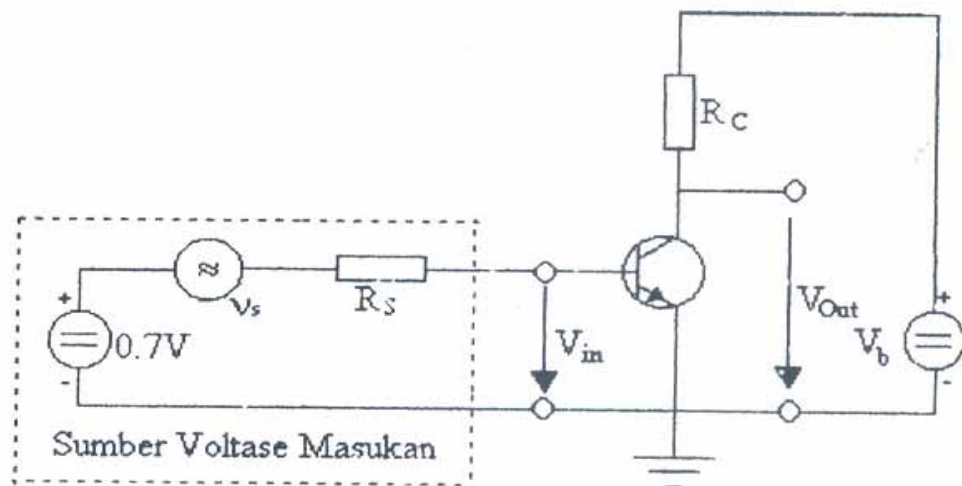
Kalau transistor dipakai hanya pada dua titik tersebut (titik putus dan titik saturasi atau saturasi berlebihan), berarti transistor dipakai sebagai sakelar. Daya yang diserap oleh transistor pada dua titik ini kecil (bahkan nol pada titik putus), tetapi dalam keadaan aktif daya yang diserap transistor lebih besar. Sebab itu dalam banyak pemakaian yang mana arus besar, harus diusahakan supaya daerah aktif dilewati dalam waktu yang singkat supaya transistor tidak menjadi terlalu panas. Agar transistor dalam keadaan jenuh atau jenuh berlebihan, arus basis harus minimal sebesar arus kolektor maksimal dibagi dengan penguatan arus h_{FE} dari transistor.

$$I_B \geq \frac{I_{Cmaks}}{h_{FE}}$$

2.3.2 Transistor sebagai penguat

Rangkaian yang dipakai ditunjukkan dalam gambar 2.7. Masukan untuk rangkaian penguat didapatkan dari sumber voltase di sebelah kiri dalam skema rangkaian. Sumber voltase ini merupakan voltase DC yang konstan sebesar ≈ 0.7 V yang dijumlahkan dengan satu sinyal voltase AC, V_s , dengan amplitudo kecil. Input dari penguat adalah sambungan antara basis dan emitor. R_s adalah resistor yang menunjukkan resistivitas dalam dari sumber masukan tersebut. Kolektor disambungkan dengan sumber voltase DC sebesar V_b (voltase baterai / voltase sumber) melalui resistor R_c . Bagian negatif dari sumber voltase ini merupakan GND dan sambungkan dengan emitor. Output dari rangkaian adalah sambungan antara kolektor dengan GND (ground / bumi). Rangkaian seperti ini disebut common emitter amplifier karena emitor dipakai sebagai sambungan bersama untuk input dan output.

Besar dari voltase DC input diatur sehingga terdapat arus DC sebesar I_{CO} pada kolektor ketika sinyal AC nol. Dengan adanya arus DC sebesar I_{CO} pada kolektor, maka terdapat voltase $V_{RCO} = R_C \cdot I_C$ pada resistor kolektor R_C , maka terdapat voltase antara kolektor dan emitor sebesar $V_{CEO} = V_B - V_{RCO}$. Ketika ada voltase AC pada input yang ditambahkan pada voltase DC (berarti voltase pada input akan naik dan turun sejauh ΔV_{in}), maka arus pada input, berarti juga arus basis, akan naik dan turun sejauh ΔI_B . Besar ΔI_B sesuai dengan perubahan voltase input dan besar dari resistivitas diferensial pada input (basis – emitor) transistor.



Gambar 2.7. Rangkaian penguat sederhana dengan satu transistor

$$\Delta I_B = \frac{\Delta V_{BE}}{r_{BE}} \dots \dots \dots (2.3)$$

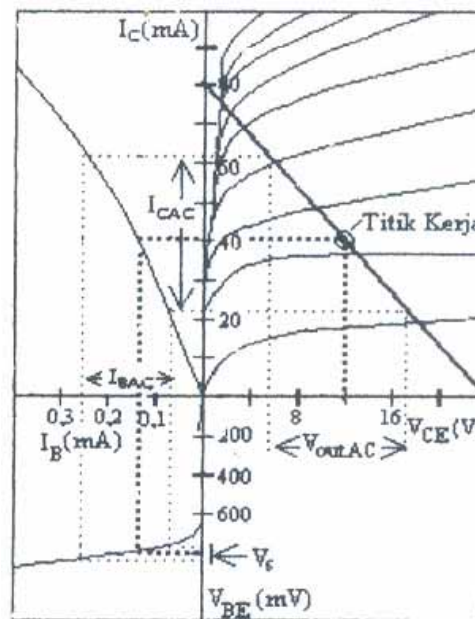
Ketika arus basis berubah sejauh ΔI_B , arus kolektor akan berubah sejauh $I_C = h_{fe} \cdot \Delta I_B$. Dengan arus kolektor yang naik dan turun, maka voltase pada resistor kolektor juga akan naik dan turun sesuai dengan hukum ohm. Ketika voltase pada resistor kolektor naik, maka voltase antara kolektor dan emitor akan turun sesuai dengan hukum kirchhoff mengenai voltase, dan sebaliknya. Berarti voltase output akan turun dan naik sejauh ΔV_{OUT} ketika voltase pada input naik dan turun sejauh ΔV_{IN} . Voltase input beresilasi terhadap voltase Dc yang sebesar 0.7 V dan voltase output akan beresilasi terhadap voltase Dc sebesar V_{CEO} . Situasi yang terdapat tanpa sinyal AC disebut titik kerja. Berarti titik kerja adalah voltase dan arus kolektor DC ketika sinyal AC nol. Titik ini (merupakan satu titik dalam grafik I_C terhadap V_{CE}) disebut titik kerja, karena rangkaian yang menguatkan sinyal AC bekerja dengan bervariasi terhadap titik ini. Dengan kata lain titik kerja ini merupakan standar yang disetel ketika ada sinyal input.

Apa yang terjadi bisa dimengerti dari grafik dalam gambar 2.8. Pada bagian kiri bawah dalam grafik ini terlihat hubungan antara voltase basis-emitor dan arus basis. Dengan voltase DC sebesar ≈ 770 mV terdapat arus basis sebesar ≈ 0.1 mA. (Perhatikan garis dalam bentuk.....pada gambar). Pada bagian kiri atas terlihat hubungan antara arus basis dan arus kolektor. Pada arus basis sebesar ≈ 0.14 mA terdapat arus kolektor sebesar ≈ 40 mA. Pada bagian output, rangkaian seri dengan resistor kolektor dan sambungan dari kolektor keemitor menentukan sifat rangkaian. Untuk mencari titik kerja rangkaian seri ini, pada gambar 2.8 sebelah kanan atas grafik output dari transistor digambarkan bersama dengan garis beban dari resistor kolektor dengan resistivitas sebesar $R_C = 300 \Omega$. Garis karakteristik dari transistor adalah grafik output dari transistor yang berubah dengan arus/voltase basis. Garis beban terdapat dari sifat resistor dengan persamaan :

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_b - V_{RC} \\ &= V_b - I_C \cdot R_C \dots\dots\dots (2.4) \end{aligned}$$

Titik perpotongan antara garis karakteristik dan garis beban menunjukkan arus yang mengalir dalam rangkaian ini dan voltase kolektor-emitor yang didapatkan. Tetapi dalam rangkaian ini perlu diperhatikan bahwa garis karakteristik dari transistor berubah menurut perubahan voltase basis-emitor. Besar dari arus kolektor ditentukan oleh voltase basis-emitor seperti didapatkan dari bagian kiri dalam grafik mengenai sifat transistor (gambar 2.8). Dengan arus kolektor I_C sebesar 40 mA voltase kolektor-emitor V_{CE} bisa didapatkan dari garis beban sebesar 12V. Dengan arus kolektor $I_C = 40$ mA, voltase kolektor-emitor bisa langsung dibaca digrafik garis beban sebesar $V_{CE} = 12$ V.

Kalau voltase pada input berosilasi terhadap voltase DC-nya, berarti terdapat bagian AC sebesar V_S yang ditambahkan pada voltase $V_{BE} = 77\text{mV}$ dalam contoh ini, maka voltase basis-emitor berubah-ubah sebesar V_S . Perubahan AC pada voltase basis-emitor akan menghasilkan perubahan pada arus basis I_{BAC} sesuai dengan garis yang menggambarkan hubungan antara arus basis dengan voltase basis-emitor. (Perhatikan garis dalam bentuk.....pada gambar). Dalam gambar 2.8 perubahan voltase input digambarkan sebagai V_S , perubahan pada arus basis ini dinyatakan sebagai I_{CAC} dan perubahan arus kolektor ini akan menghasilkan perubahan pada voltase kolektor-emitor yang didapatkan dari garis beban dalam gambar dinyatakan sebagai $V_{out\ AC}$



Gambar 2.8 Sifat dari transistor pada rangkaian penguat common emitter dengan garis beban pada karakteristik output, titik kerja dan besar sinyal AC pada input, arus basis, arus kolektor dan output rangkaian.

Dari gambar dan dari penjelasan diatas langsung bisa dilihat bahwa voltase keluaran naik ketika voltase masukan turun dan sebaliknya. Ini berarti bahwa fase antara masukan dan keluaran terbalik sejauh 180° .

2.4. Operasional Amplifier (OpAmp)

Penguat (Amplifier) adalah komponen yang merubah suatu sinyal dengan level tertentu kesuatu sinyal dengan level berbeda, sinyal tersebut bisa berupa sinyal arus atau sinyal tegangan. Amplifier mempunyai banyak jenis.

2.4.1. Penguat Inverting

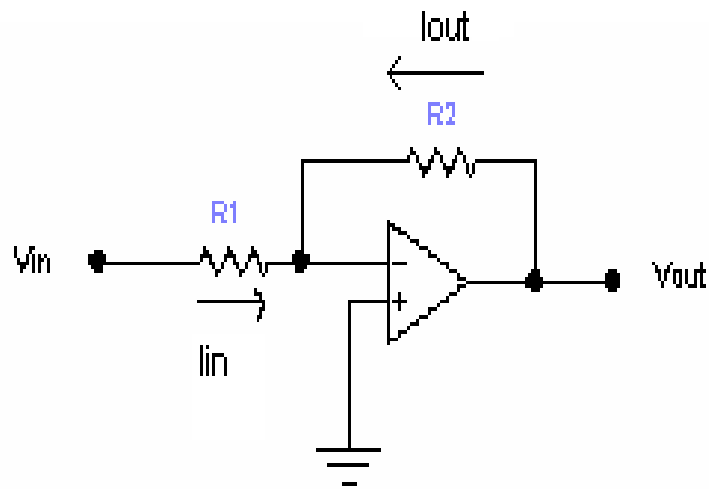
Gambar 2.9 menunjukkan penguat inverting. Terminal invertig pada pertanahan semu (Virtual Ground) yang berarti tegangan terhadap tanah mendekati nol. Tetapi karena pertanahan semu tidak dapat melepaskan arus, semua arus input didorong melalui R2, akibatnya

$$V_{in} = I_{in} R1$$

$$V_{out} = - I_{in} R2 \dots \dots \dots (2.5)$$

Tanda minus terjadi karena intervensi dengan mengambil rasio kedua persamaan diatas, diperoleh penguatan tegangan :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{R2}{R1} \dots \dots \dots (2.6)$$



Gambar 2.9. Penguat inverting

Juga, pertanahan semu berarti impedansi input adalah :

$$Z_{in} = R1 \dots\dots\dots(2.7)$$

Penguat ini memungkinkan kita menset suatu harga yang tepat dari impedansi input, demikian juga penguat tegangan.

2.4.2 Penguat non-inverting

Penguat non-inverting dalam gambar 2.10(a) mempunyai impedansi input yang tinggi, impedansi output rendah dan penguatan tagangan yang stabil yang diberikan dengan :

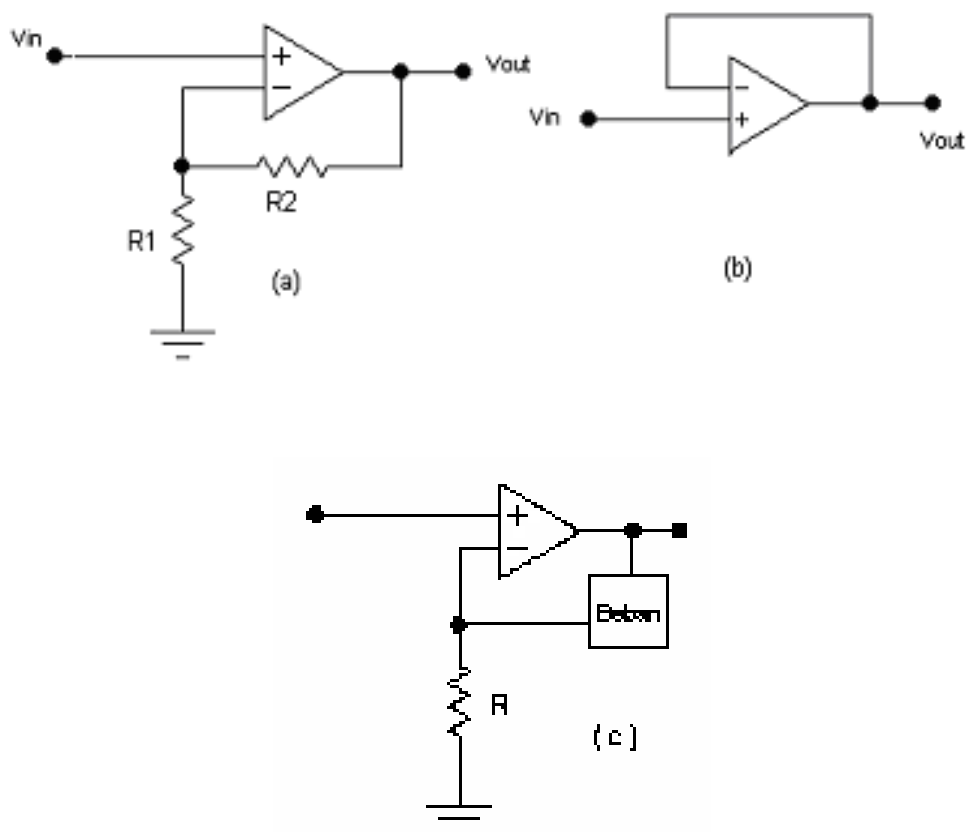
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R2}{R1} + 1 \dots\dots\dots(2.8)$$

(untuk V_{out} dan V_{in} digunakan huruf besar karena penguatan operatif dapat bekerja secara langsung dengan sinyal dc). Penguat non-inverting dalam gambar 2.10(a) adalah populer karena penguat tersebut mendekati ideal. Gambar 2.10(b)

adalah pengikut tegangan, yang banyak digunakan karena kualitas unity. Karena dalam pengikut tegangan umpan negatif adalah maksimum, lebar pita sama dengan F unity.

Kita sering perlu memberi arus dalam jumlah yang tetap melalui beban. Gambar 2.10(c) menunjukkan satu cara untuk melakukan hal tersebut. Karena tegangan kesalahan kecil dapat diabaikan, pada dasarnya semua V_{in} pada R yang menimbulkan arus.

$$I_{out} = \frac{V_{in}}{R} \dots\dots\dots(2.9)$$



Gambar 2.10. (a) Penguat non-Inverting (b) Pengikut tegangan (c) Sumber arus

Semua arus ini harus mengalir melalui beban, karena arus yang dapat diabaikan mengalir kedalam input inverting dari penguat operatif. Tergantung pada penggunaan, beban dapat berupa resistor, kapasitor, induktor atau gabungan.

2.5 Motor Stepper

Motor stepper adalah peralatan elektronika yang berputar untuk mengubah masukan pulsa digital menjadi gerakan analog secara bertahap (step). Derajat step dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta\Phi = \frac{360}{s} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana :

$\Delta\Phi$ = Derajat Step

s = banyaknya step 1 putaran

Jika s = 200 step

$$\text{maka : } \Delta\Phi = \frac{360}{200} = 1,8^\circ$$

Dengan kata lain prinsip kerja motor stepper, yaitu adanya gaya medan elektro magnet yang menggerakkan rotor karena adanya arus yang mengalir melalui lilitan stator, dimana setiap gelombang berbentuk pulsa akan menggerakkan motor.

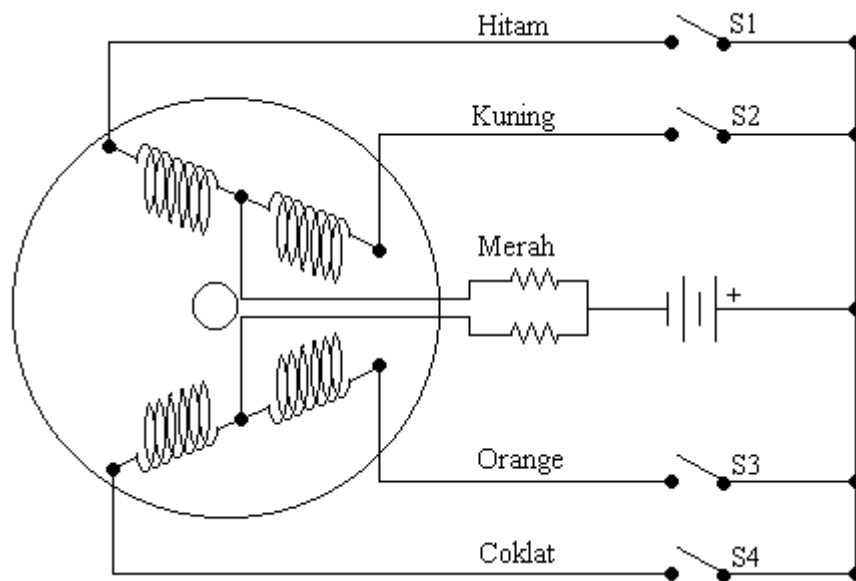
Pemakaian motor stepper digunakan khususnya pada peralatan digital seperti printer, robotika, disk drive dan lain sebagainya. Keuntungan dari pemakaian motor stepper adalah :

1. Mudah dihubungkan dengan peralatan digital, karena input dan outputnya diskrit.
2. Mempunyai umur pemakaian yang panjang atau lama.
3. Resolusi putarannya beragam.

2.5.1 Prinsip Kerja Motor Stepper

Motor stepper bekerja berdasarkan pulsa-pulsa arus yang diberikan dalam urutan yang tepat kepada stator. Selain itu, pulsa-pulsa arus tersebut harus cukup kuat untuk menggerakkan kumparan-kumparan stator motor stepper. Karena arus yang diperlukan motor cukup besar, maka diperlukan rangkaian penggerak berupa saklar untuk menggerakkan motor stepper.

Motor tersebut terdiri dari 5 buah kabel untuk dihubungkan dengan sumber tegangan dan pulsa penggerak motor. Bentuk skematik motor dan hubungan kabel secara umum dapat dilihat pada gambar 2.11. Tiap saklar yang tertutup akan memberikan arus ke kumparan dan mengakibatkan stator termagnetasi menjadi kutub utara atau selatan (tergantung dari arus yang dilewatkan). Sedangkan pada saat saklar terbuka stator menjadi netral. Pembukaan dan penutupan saklar-saklar akan mengakibatkan motor berputar searah atau berlawanan arah jarum jam.



Gambar 2.11. Skema Motor Stepper

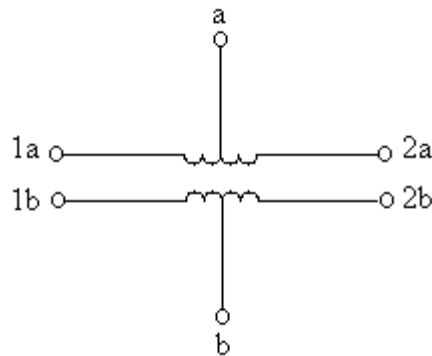
Cara kerja motor stepper berdasarkan pada penghantar yang membawa arus listrik yang ditempatkan dalam suatu medan magnet akibatnya penghantar tersebut akan mengalami gaya. Gaya menimbulkan torsi yang akan menghasilkan rotasi mekanik, sehingga rotor akan berputar. Ringkasnya prinsip kerja motor membutuhkan :

1. Adanya garis-garis gaya medan magnet (fluks), antara kutub yang berada di stator.
2. Penghantar yang dialiri arus ditempatkan pada jangkar yang berada pada medan magnet.
3. Pada penghantar timbul gaya yang menghasilkan torsi.

2.5.2 Motor Stepper Unipolar

Motor unipolar relatif mudah untuk dioperasikan. Rangkaian penghitung 1-dari-n yang sederhana dapat menghasilkan urutan langkah yang tepat dan penggerak yang paling sederhana 1 transistor untuk tiap lilitan adalah memungkinkan untuk motor unipolar. Motor ini memiliki karakteristik khusus dengan lilitan tengah-tengah. Skema kawat dasarnya adalah menyatukan titik tengah dan memberikan +MV (motor voltage). Rangkaian penggerak akan membumikan tiap lilitan untuk memberikan energi.

Motor stepper unipolar dikenal dengan lilitan titik tengahnya. Jumlah fasa adalah dua kali jumlah lilitan, karena tiap koil dibagi dua. Gambar dibawah ini memiliki dua lilitan titik tengah, menunjukkan hubungan dari motor stepper unipolar 4-fasa.



Gambar 2.12. susunan lilitan motor stepper unipolar

Tabel 2.1. Pola kemudi motor stepper unipolar

Step	1a	1b	2a	2b
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

2.5.3 Karakteristik Motor Stepper

Karakteristik motor stepper ditentukan oleh beberapa unsur, yaitu :

a. TEGANGAN

Motor stepper biasanya memiliki jangkauan tegangan. Hal ini tercetak langsung pada motor stepper dan ditentukan pada lembar data dari motor tersebut. Melampaui dari jangkauan tegangan bisa diperlukan untuk mendapatkan torsi yang diinginkan dari motor, tetapi dengan melakukan hal ini akan mengakibatkan panas berlebihan atau memperpendek umur pemakaian motor.

b. RESISTANSI

Resistansi per-lilitan adalah karakteristik dari motor stepper. Resistansi ini akan menentukan tarikan arus dari motor, yang berhubungan langsung pada kurva torsi motor dan kecepatan maksimum pada putaran motor.

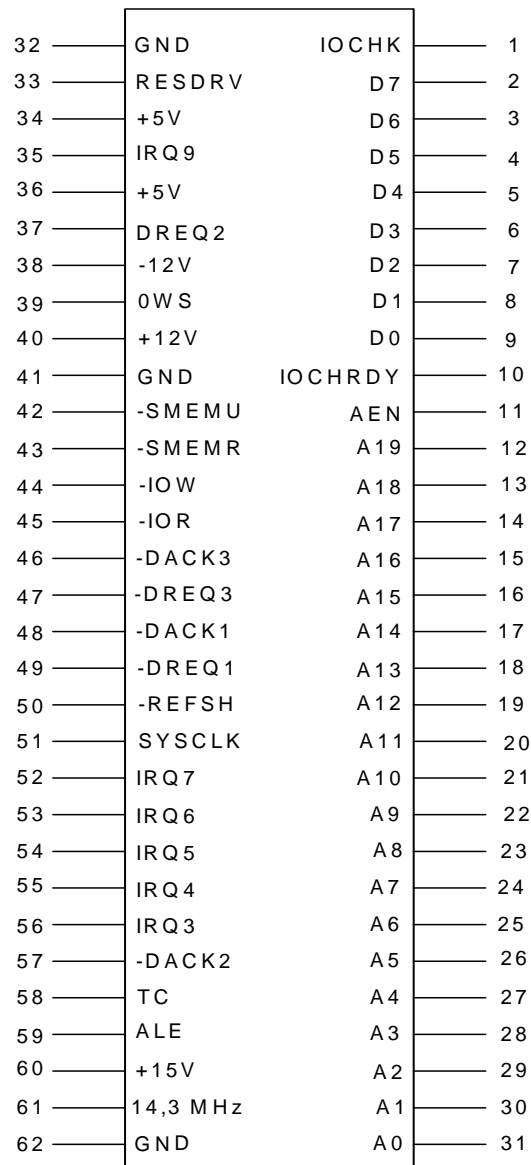
c. DERAJAT PER-LANGKAH

Derajat perlangkah merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan motor stepper yang akan digunakan pada suatu pemakaian. Faktor ini menentukan besar derajat dari putaran motor untuk setiap langkah. Untuk operasi

setengah langkah akan menggandakan jumlah langkah/putaran dan membagi derajat per-langkah meliputi : 0.72, 1.8, 3.6, 7.5, 1.5 dan 90°. Derajat per-langkah sering juga disebut resolusi dari motor. Seperti pada kasus motor tak bertanda, jika motor hanya memiliki satuan angka langkah/putaran yang tercetak, membagi 360 dengan angka tersebut akan menghasilkan nilai derajat perlangkah.

2.6 Perangkat keras IBM PC

Sistem komputer IBM PC dirancang sebagai sistem fleksibel. Artinya, pabrik membuat untuk dipersiapkan agar sistem dapat dikembangkan secara fungsional. Hal ini terlihat adanya slot ekspansi pada papan utama yang berfungsi untuk menghubungkan komputer dengan antarmuka peralatan lain . Pada IBM PC aslinya disediakan 5 slot ekspansi (ISA 8 bit), sedangkan komputer kompatibel IBM banyak yang memiliki 8 buah slot. Pada sistem yang sama, tidak semua komputer memiliki diagram dan tata letak yang sama. Dibawah ini merupakan terminal Slot ISA sebagai penghubung antarmuka.



Gambar 2.13.. Diagram terminal slot ISA IBM PC

Slot ekspansi IBM PC-XT mengikuti standar ISA 8 bit (industri standar arsitektur). Gambar menunjukkan diagram terminal slot serta sinyal-sinyal yang terdapat disetiap pena pada slot tersebut. Setiap slot memiliki 62 pena, yang terdiri atas 8 saluran data dua arah, 20 saluran alamat, 6 tingkat intrupsi, sinyal-sinyal kontrol untuk memori dan I/O, sinyal clock dan pewaktuan, serta catu daya +5 V,

-5 V, +12 V dan -12 V. Tabel dibawah ini menunjukkan fungsi setiap sinyal pada masing-masing pena.

Tabel 2.2 Fungsi setiap sinyal IBM PC

Fungsi	Penjelasan
OSC/Oscillator	Keluaran clock 14,31818 MHz dengan daur aktif 50%
CLK/ Sytem Clock	Keluaran clock 4,777 MHZ dengan daur aktif 33%
Reset DRV	Keluaran reset (aktif high) digunakan oleh peralatan
A0...A19	I/O.
D0...D7	Sinyal alamat memori dan I/O (bus alamat).
ALE	Saluran data
I/O Check	Sinyal keluaran yang dihasilkan oleh Bus Controller (8288)
I/O Chrdy	Sinyal masukan untuk memberitahukan adanya kesalahan paritas pada memori atau peralatan I/O
IRQ1...IRQ7	(aktif low).
IOW / IOR	Sinyal masukan untuk meminta perpanjangan siklus memori atau siklus I/O (aktif low).
MEMR / MEMW	Sinyal masukan untuk proses intrupsi . Sinyal keluaran untuk menandakan adanya operasi
DRQ1...DRQ3	baca/tulis pada I/O (aktif low) Sinyal keluaran untuk menandakan adanya operasi
DACK0...DACK3	baca/tulis pada memori (aktif low). Sinyal masukan untuk meminta pelayanan DMA (aktif

AEN	high).
T/C (Terminal Count)	Sinyal DMA acknowledge yang memberitahukan bahwa proses DMA telah selesai dilakukan.
Card Select	Bila sinyal ini dalam keadaan high berarti sinyal alamat pada Bus alamat berasal dari DMA <i>Controller</i> .
Power Supply	Sinyal keluaran yang menghasilkan pulsa pada setiap akhir transfer DMA Sinyal masukan yang menandakan adanya acknowledge dari card pada slot nomor 8. Terdiri atas 4 level tegangan, yaitu +5 V, -5 V, +12 V dan -12 V serta <i>ground</i> .

2.6.1 Peta alamat I/O IBM PC

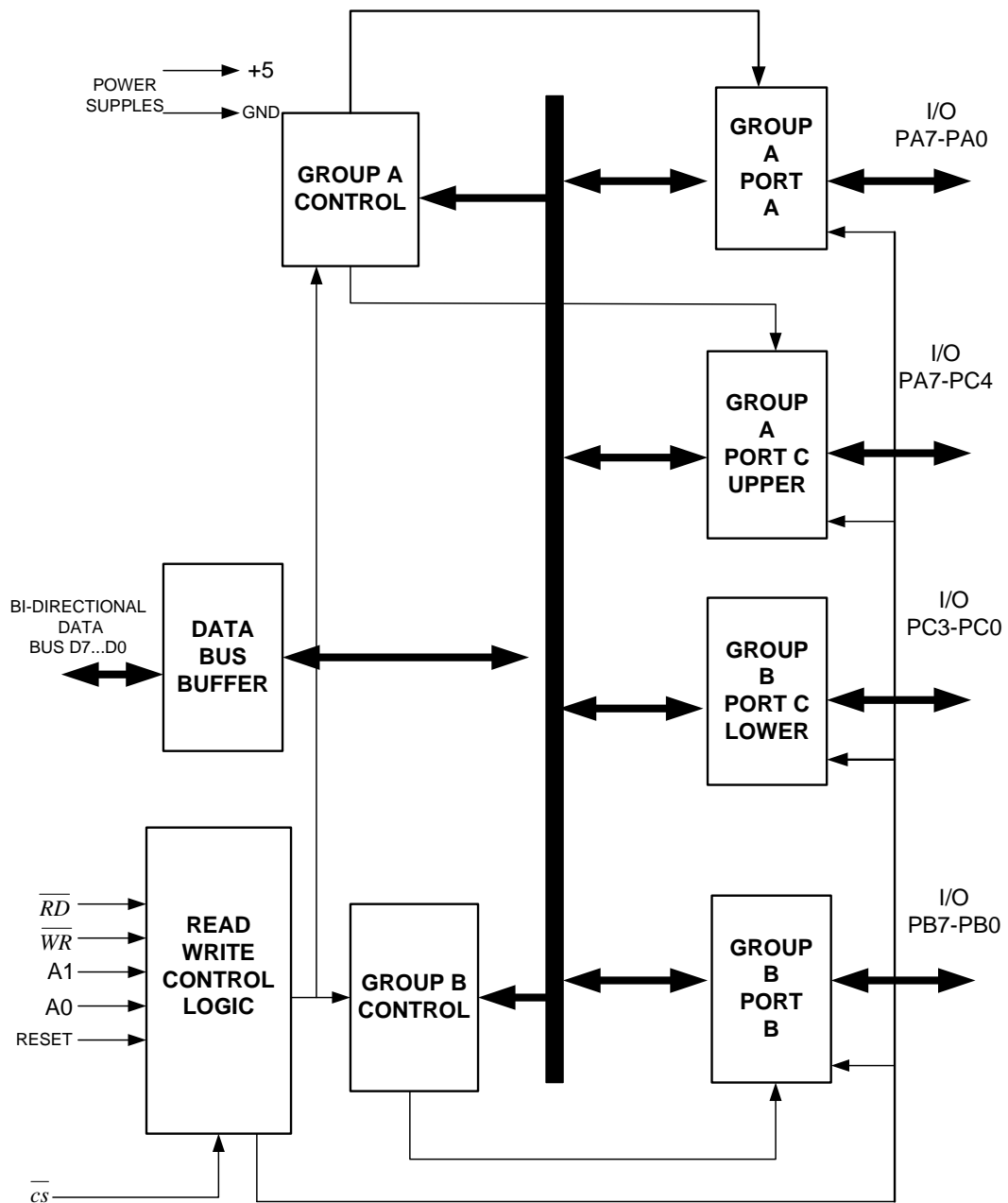
Terminal-terminal slot pada IBM PC memiliki kode tertentu yang disebut sebagai alamat I/O. Dalam sistem komputer IBM PC, kode alamat tersebut tidak dialokasikan secara unik untuk masing-masing slot. Dengan kata lain, kode tersebut berlaku umum untuk semua terminal slot yang ada. Tabel 2.3 dibawah ini menunjukkan peta alamat I/O pada sistem komputer IBM PC.

Tabel 2.3. Peta alamat komputer IBM PC

Alamat (Heksa)	Fungsi
000-00F	DMA chip 8237A-5
020-021	Interrupt 8259A
040-043	Timer 8253-5
060-063	PPI 8255A-5
080-083	DMA page register
0A	NMI mask register
0E	Reserved
200-20F	Protype Card
210-217	Unit ekspansi
220-24F	Cadangan
278-27F	Cadangan
2F0-2F7	Cadangan
2F8-2FF	Komunikasi asinkron (Sekunder)
300-31F	Cadangan
320-32F	Hard disk
378-37F	Printer
380-38F	SDLC
3A0-3AF	Cadangan
3B0-3BF	Display Monokrom
3C0-3CF	Reserved
3D0-3DF	Color / grafik Card
3E0-3E7	Cadangan
3F0-3F7	Disket
3F8-3FF	Komunikasi Asinkron(Primer)

Pada tabel 2.3 tampak keadaan setiap alamat I/O pada sistem komputer IBM PC, dan terdapat alamat yang kosong seperti 200h-20Fh, pada Alamat ini dapat kita gunakan untuk keperluan khusus atau untuk peralatan yang akan kita buat.

PIO 8255 adalah sebuah I/O yang terdiri dari tiga buah port delapan bit dan masing-masing portnya dapat diprogram. Gambar menunjukkan diagram blok PIO 8255. PIO 8255 mempunyai tiga port (A, B dan C) masing-masing mempunyai saluran data 8 bit. Ketiga port tersebut dari label PA, PB, dan PC. Setiap port 8255 dapat bekerja sebagai port keluaran. Fungsi masing-masing ditentukan dengan memberikan kata kendali melalui saluran data di komponen logika pengendalian (register kontrol). Komponen hanya mempunyai 2 hubungan alamat. Dengan dua hubungan ini, beberapa jalur data dapat dihubungkan : port A, B, C dan register logika kendali yang menentukan fungsi komponen.



Gambar 2.14. Diagram blok PIO 8255

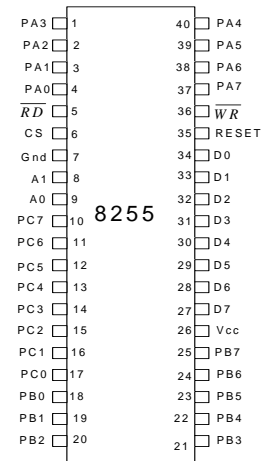
Susunan port dari PIO 8255 ke alamat-alamat yang dipilih ditunjukkan pada tabel

2.4 di bawah ini :

Tabel 2.4 Susunan Port PIO 8255

A1	A0	RD	WR	CS	OPERASI
0	0	0	1	0	PORT A ke DATA BUS
0	1	0	1	0	PORT B ke DATA BUS
1	0	0	1	0	PORT C ke DATA BUS
0	0	1	0	0	DATA BUS ke PORT A
0	1	1	0	0	DATA BUS ke PORT B
1	0	1	0	0	DATA BUS ke PORT C
1	1	1	0	0	DATA BUS ke CONTROL
X	X	X	X	1	3 STATE
1	1	0	1	0	TERLARANG
X	X	1	1	0	3-STATE

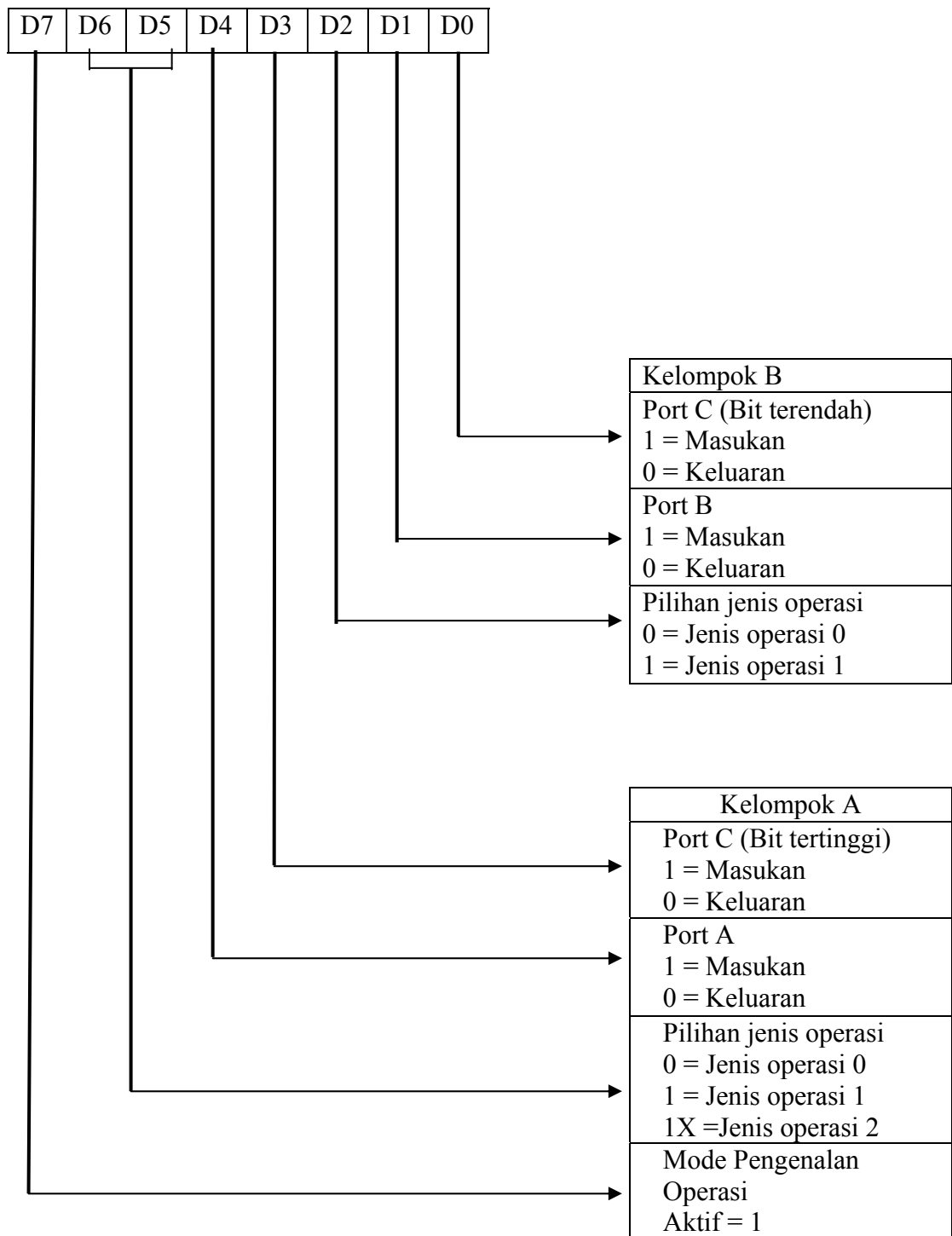
D0...D7	Bus data (dua arah)
RESET	Masukan reset (high)
CS	Pilihan chip(low)
RD	Masukan baca(low)
WR	Masukan tulis(low)
A0, A1	Alamat Port
PA0...PA7	Port A(bit 0-7)
PB0...PB7	Port B(bit 0-7)
PC0...PC7	Port C (bit 0-7)
Vcc	Tegangan catu daya(+5V)
Gnd	Ground (0V)



Gambar 2.15. Fungsi pin IC 8255

PIO 8255 dapat diprogram dalam 3 mode : mode 1 sebagai single handshake dan mode 2 sebagai double handshake protocol.

Tabel 2.5 Format kata kendali jenis operasi untuk PIO 8255

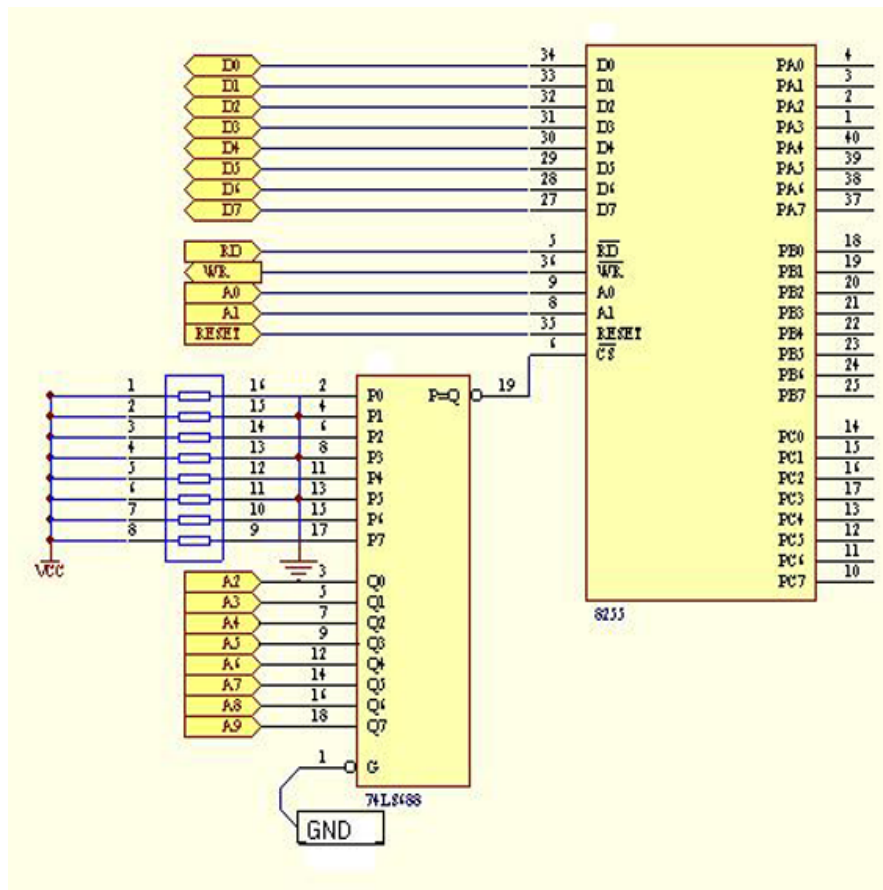


Penggunaan ketiga port tersebut dapat diprogram sesuai dengan fungsi masing-masing port yang dikehendaki, karena itu kita harus menginialisasi (memprogram)

PIO 8255 dengan cara mengirimkan kata kendali ke register kontrol. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat format kata kendali jenis operasi pada tabel 2.5 sebagai contoh, bila kita menginginkan port A sebagai keluaran, port B sebagai masukan, port C sebagai keluaran, maka kata kendali yang harus dikirim ke register kontrol adalah 10000010.

2.6.2 Rangkaian PPI 8255

PPI 8255 merupakan suatu card antarmuka dengan PC terdiri dari dekoder alamat dan PIO 8255. Dimana dekoder alamat dirancang dari alamat 200H sampai 203H guna menjangkau empat buah port (port A, port B, port C dan port kontrol). Rangkaian PPI 8255 diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.16. Rangkaian PPI 8255

Port A dan port C low (4 bit LSB) dipakai sebagai keluaran data ke driver, kemudian baru ke motor stepper. Sedangkan port B(4 bit) dipakai sebagai jalan masuk data dari tombol kontrol(keyboard).

Pengalamatan port pada PIO 8255 dilakukan dengan menghubungkan A0 dan A1 dari saluran alamat ke pin 9 dan pin 8 pada IC 8255. sedangkan dekoder alamat berfungsi untuk mengaktifkan PIO 8255 (pin 6) dibentuk dari alamat A2, A3,...A9. Dekoder alamat untuk PIO 8255 dibangun oleh sebuah komparator 8 bit 74LS688. fungsi rangkaian ini adalah untuk menyeleksi alamat, sehingga PIO

8255 akan aktif untuk alamat tertentu saja (200h sampai 203h). tabel logika dari komparator 74LS688 dapat dilihat pada tabel 2.6. berikut ini

G	Kondisi	P=Q
0	P=Q	0
0	P<Q	1
0	P>Q	1
1	X	1

Dari gambar terlihat rangkaian dekoder alamat dengan menggunakan IC komparator biner 74LS688, masukan P0, P1,...,P6 diberi logika 0 dan P7 diberi logika 1, sehingga dengan konfigurasi seperti itu, komparator akan mengeluarkan logika 0 (pin 19/P=Q), jika alamat A9, A8, ...A2 yang dihubungkan pada masukan Q7, Q6,...Q0 (dari komparator) berlogika 10000000.

2.7 Port Paralel

Untuk menghubungkan Card PPI 8255 yang ditancapkan pada PC dengan Card Driver, maka dipilih port paralel atau sering disebut dengan printer port (25 pin). Port paralel ini berfungsi untuk komunikasi data dari dan ke driver motor.

BAB III

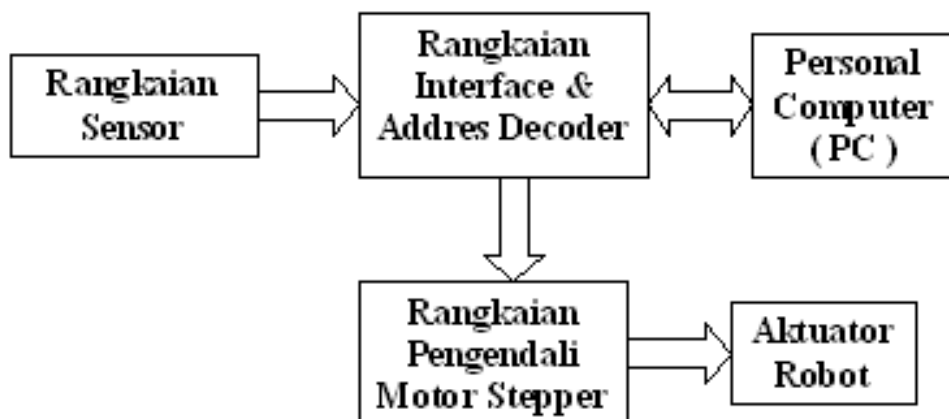
PERANCANGAN ALAT

3.1 Perancangan Sistem Pengendali Robot

Rangkaian yang akan dibahas dalam tugas akhir ini berfungsi untuk mengatur proses kerja dari robot kartesian pemindah benda. Proses pengaturan dilakukan oleh perangkat lunak dengan menggunakan bahasa delphi, yang memberikan tampilan visual sehingga memungkinkan pengguna memberikan perintah kepada robot melalui keyboard atau mouse. Rangkaian robot ini secara garis besar dibagi dalam beberapa proses tahapan yang terdiri dari :

- Bagian rangkaian sensor
- Bagian rangkaian interface
- Bagian rangkain motor stepper

Proses kerja dari tiap-tiap bagian rangkaian keseluruhan diperlihatkan pada diagram blok berikut ini :



Gambar 3.1 Blok diagram rangkaian keseluruhan

Personal Computer (PC) yang digunakan dalam pengoperasian robot ini tidak memerlukan spesifikasi yang tinggi, yang penting ia memiliki slot ISA pada mainboardnya. Untuk menghubungkan PC dengan perangkat diluar PC (Peripheral), digunakan interface 8255, yang bertanggung jawab atas transmisi data digital, baik yang keluar dari PC maupun yang masuk kedalam PC tersebut. PPI 8255 bersama komponen pendukung lainnya, sudah dikemas dalam satu card yang dipasang pada slot ISA. PPI 8255 diset jumper untuk menentukan alamat mana yang akan dihubungkan dengan komputer agar tidak terjadi komplik dengan alamat lain yang dipakai oleh komputer tersebut. Sebelum PPI 8255 digunakan harus ditentukan terlebih dahulu port mana yang akan digunakan sebagai masukan dan keluaran. Penentuan fungsi port sebagai masukan, keluaran atau *Bi-directional bus*, dilakukan melalui pengaturan pada register control. Pada sistem ini, port A digunakan sebagai masukan dan port B digunakan sebagai keluaran, sehingga kendali yang harus dikirimkan ke register control adalah 1001 0000 atau 90 H. Agar lebih jelas, silahkan anda lihat penentuan kendali PPI 8255 di data sheet PPI 8255 yang terdapat dalam lampiran.

Periperal dalam sistem ini adalah rangkaian sensor benda dan rangkaian driver motor stepper yang terdiri dari IC 74LS373 dan IC L293. Data MSB pada port B digunakan untuk memilih motor stepper yang akan diaktifkan dengan memberikan logika aktif 0 pada IC 74LS373 yang akan diperkuat tegangannya oleh IC L293. 4 bit data LSB pada port B digunakan untuk menggerakkan motor stepper. Data tersebut adalah 1001, 0101, 0110, 1010 yang dikirim berulang – ulang untuk memutar motor stepper secara cw (clock wise) dan 1010, 0110, 0101,

1001 yang dikirim berulang – ulang untuk memutar motor stepper secara ccw (counter clock wise).

Ketika alat bekerja secara otomatis, pertama yang dilakukan adalah mengecek posisi benda, jika tidak ada benda pada posisi 1 – 4, program akan mengeluarkan pesan dan program akan berhenti. Begitu pula jika program mendeteksi adanya posisi ganda (ada 2 benda) maka program akan mengeluarkan pesan error dan program akan berhenti. Program akan terus mengecek sampai kondisi – kondisi tersebut terpenuhi untuk melanjutkan program.

Misal, jika program mendeteksi adanya benda 1, program akan memanggil prosedur ambil benda 1 dengan menggerakkan stepper 1 maju sebanyak 150 langkah kemudian menggerakkan stepper 2 ke kiri sebanyak 54 langkah. Setelah itu stepper 3 bergerak ke bawah sebanyak 500 langkah, kemudian stepper 4 bergerak mencengkeram sebanyak 100 langkah. Proses – proses tersebut diulang lagi dengan urutan terbalik dengan langkah – langkah yang tetap sama untuk menaruh benda pada tempat yang sudah ditentukan.

Program untuk mengendalikan gerakan stepper terdiri dari 4 prosedur utama, yaitu :

- Prosedur ambil benda 1
- Prosedur ambil benda 2
- Prosedur ambil benda 3
- Prosedur ambil benda 4

Daftar langkah – langkah motor stepper :

Maju/mundur : 150 langkah (posisi benda 1 & 2)

75 langkah (posisi benda 3 & 4)

Kanan/kiri : 54 langkah

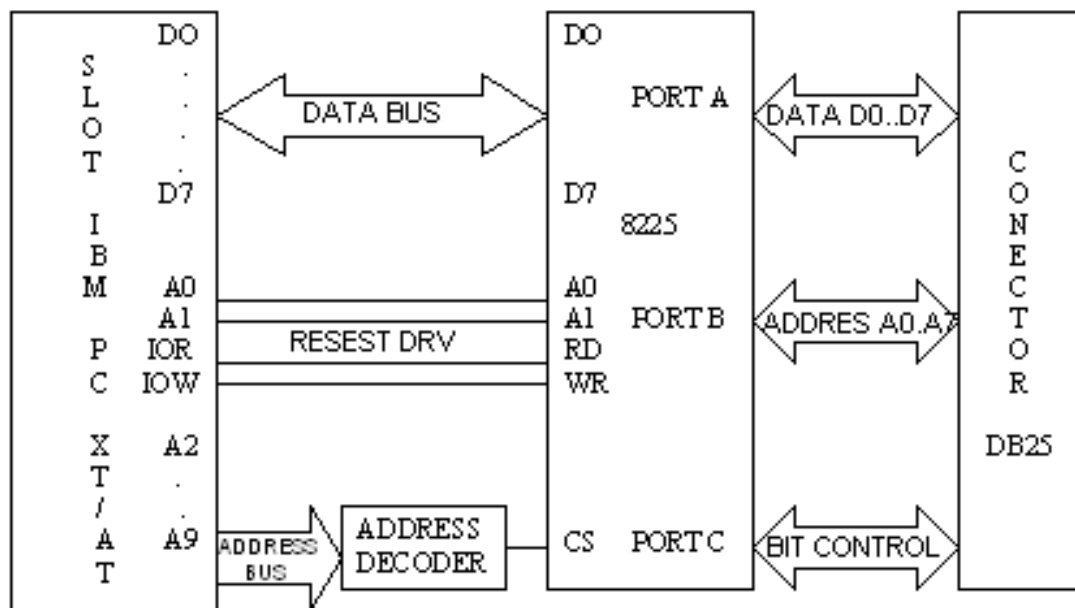
Naik/turun : 500 langkah

Pegang/lepas : 100 langkah

Program manual digunakan untuk menset posisi awal stepper motor maupun untuk mengoperasikan alat secara manual. Pada program manual terdapat tombol – tombol untuk menggerakkan stepper yaitu maju, mundur, kanan, kiri, naik, turun, pegang dan lepas. Disamping itu terdapat pula counter langkah untuk mengetahui posisi stepper.

3.2 Perancangan Rangkaian Interface

Rangkaian interface terdiri dari PPI 8255 dan IC Comparator tipe 74LS688 sebagai pembanding alamat bus dengan komposisi delapan saklar (dip swict) seperti diperlihatkan pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Blok diagram Card Interface

3.2.1 Pengalamatan PPI Card

Alamat peralatan I/O disebut *adres port*. Dari sekian banyak port alamat yang disediakan tidak semuanya digunakan dalam disain komputer, tetapi hanya 10 bit terendah yang digunakan (A0-A9). Alamat port yang digunakan dalam PC sebanyak 1024 alamat port untuk I/O dibagi menjadi 2 bagian :

- 256 alamat port (0000H-00FFH) digunakan sistem board.
- 768 alamat port (0100H-03FFH) digunakan card slot

Pemilihan alamat yang akan digunakan berdasarkan kemudahan dalam rangkaian decoder dan pemakaian komponen logic sedikit mungkin. Dengan demikian diusahakan pemakaian alamat I/O port untuk peralatan yang direncanakan tidak terjadi pada alamat yang sama (overlap) dengan alamat I/O port peralatan lain. Apabila terjadi tumpang tindih akan berakibat fatal, baik bagi sistem board maupun pada interface-interface yang bersangkutan. Untuk itu dipilih alamat (200H-203H) sebagai daerah operasi PPI card.

Konfigurasi fungsi setiap port diprogram oleh sistem perangkat lunak dengan memberikan sebuah *control word* kepada data bus 8255. *Control word* ini mengandung informasi, seperti mode, *bit set* dan *bit reset*, yang menginisialisasikan fungsi PPI 8255. *Control word* ini kemudian disimpan pada *control register*.

Untuk memakai PPI, terlebih dahulu harus dilakukan inisialisasi dengan mengirim sinyal *control word* yang menentukan fungsi masing-masing port PPI. Inisialisasi ini hanya perlu dilakukan satu kali pada saat awal pemrograman. Misalnya diinginkan port A, Port B dan port C *Upper* sebagai keluaran, sedangkan port C *Lower* sebagai masukan. Karena penulis menggunakan port A

sebagai masukan dan port B sebagai keluaran maka control word yang harus dikirim adalah :

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0
 1 0 0 1 0 0 0 0 → 90 H

Keterangan :

- D7 : Menentukan mode set flag (1 = aktif)
- D6, D5 : Menentukan mode operasi dari group A
- D4 : Menentukan port A sebagai input atau output
- D3 : Menentukan C Upper sebagai input atau output
- D2 : Menentukan mode operasi dari group B
- D1 : Menentukan port B sebagai input atau output
- D0 : Menentukan port C Lower sebagai input atau output

Data bus PPI 8255 terdiri dari satu bus 8 bit. Dengan demikian transfer data pada semua port tidak dapat dilakukan bersama-sama. Untuk menentukan hubungan data bus dan port digunakan alamat internal yang dapat dipilih melalui jalur-jalur A0 dan A1 (pin-9 dan pin-8), dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Hubungan data bus dan port menggunakan sinyal A0 dan A1

A1	A0	Sinyal Control
0	0	Port A
0	1	Port B
1	0	Port C
1	1	Control Port

Pada dasarnya hanya ada dua hal penting yang digunakan pada pemrograman dengan menggunakan PPI card, yaitu bagaimana mengirim data dan menerima/membaca port PPI.

3.2.2 Decoder Alamat

Rangkaian *Address decoder* berupa sebuah IC *comparator* yang berfungsi sebagai pembanding alamat bus dengan komposisi 8 saklar (dip swith) yang ditentukan sebagai daerah kerja PPI card. Bila data 8 bit alamat bus (A2-A9) sama dengan komposisi saklar (dip swith), P = G akan aktif (low) untuk lebih jelasnya lihat tabel 3.2. Karena terhubung dengan CS dari PPI 8255, kaki ini berarti mengaktifkan PPI 8255 dengan kata lain, alamat *decoder* berfungsi untuk menentukan alamat pengaktif PPI card. Komposisi dip swith ini dapat dipilih sesuai dengan keinginan pemakai, mengingat daerah kerja *prototype card*.

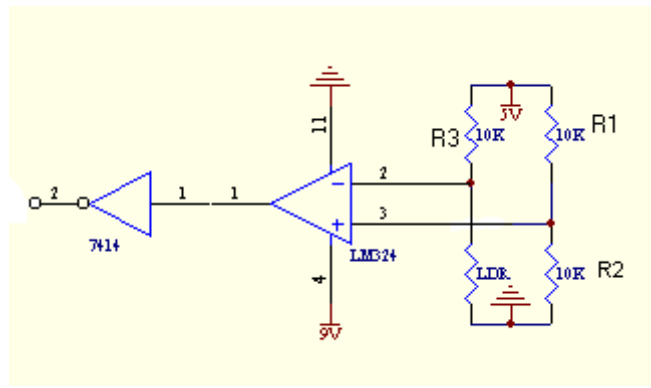
Bila PPI telah aktif, transfer data antara komputer dengan peralatan diluar komputer dapat terjadi lewat port - port PPI.

Tabel 3.2 tabel kebenaran 74LS688

INPUT		OUTPUT	
DATA	ENABLE		P = Q P>Q
P>Q	G1,G2	G2	
P=Q	L	X	
P>Q	X	L	
P<Q	X	X	

3.3 Rangkaian Sensor Benda

Rangkaian ini berfungsi untuk mendeteksi posisi benda yang akan diambil oleh robot. Dalam hal ini sensor yang digunakan adalah LDR (light dependent Resistor). Jika LDR tertutup output OpAmpnya berlogika 0 sedangkan bila tidak tertutup output OpAmpnya berlogika 1. kemudian output tersebut diumpangkan ke IC 7414 untuk membalik logikanya disamping untuk memperkuat sinyal. IC 7414 diperlukan karena port pada PPI bekerja menggunakan aktif high. Pada aplikasinya kerja dari alat ini sangat dipengaruhi lingkungan karenanya perlu diperhatikan intensitas cahaya yang mengenai LDR ketika alat bekerja.



Gambar 3.3 Rangkaian Sensor Benda Menggunakan Comparator Analog

Pembagi tegangan VCC :

$$\begin{aligned}
 V_+ &= \frac{R_2}{R_1} \cdot 5V \\
 &= \frac{10K}{10K+10K} \cdot 5V \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 5V \\
 &= 2,5V
 \end{aligned}$$

sedangkan

$$V_- = \frac{LDR}{R_3+LDR} \cdot 5V$$

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk LDR dalam keadaan terbuka } V_- &= \frac{4K}{10K+4K} \cdot 5V \\
 &= \frac{4K}{14K} \cdot 5V \\
 &= 1,4V
 \end{aligned}$$

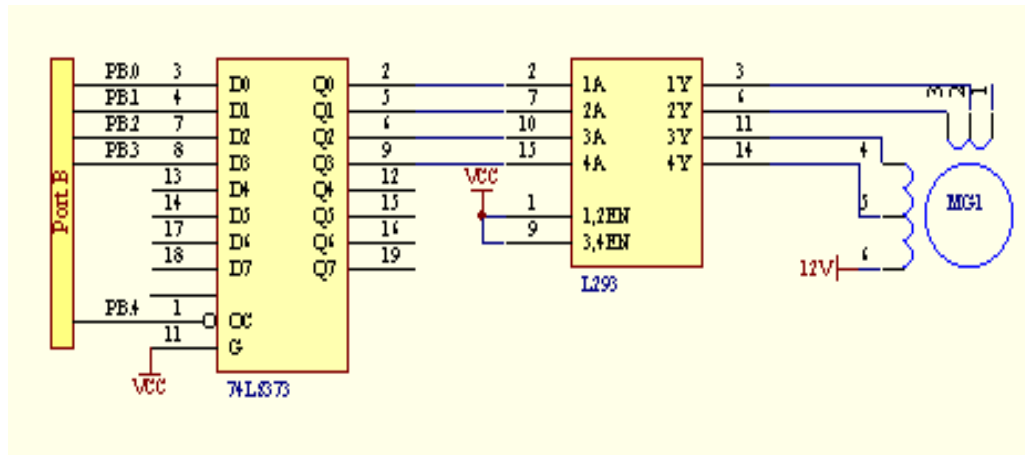
$$\begin{aligned}
 \text{Untuk LDR dalam keadaan tertutup } V_- &= \frac{2000K}{10K+2000K} \cdot 5V \\
 &= \frac{2000K}{2010K} \cdot 5V \\
 &= 4,975V
 \end{aligned}$$

Jika : $V_+ \geq V_-$ maka V_{out} akan Low atau berlogic 0

$V_+ < V_-$ maka V_{out} akan High atau berlogic 1

3.4 Rangkaian Pengendali Motor Stepper

Rangkaian pengendali motor stepper ini berfungsi untuk mengatur proses pengaktifan motor stepper. Pengaktifan motor stepper dilakukan dengan cara memberikan 4 bit data MSB pada port B yang digunakan untuk memilih motor stepper yang akan diaktifkan dengan logika aktif 0 pada IC 74LS373 yang akan diperkuat tegangannya oleh IC L293. 4 bit data LSB pada port B digunakan untuk menggerakkan motor stepper. Data tersebut adalah 1001, 0101, 0110, 1010 yang dikirim berulang – ulang untuk memutar motor stepper secara cw (clock wise) dan 1010, 0110, 0101, 1001 yang dikirim berulang – ulang untuk memutar motor stepper secara ccw (counter clock wise).



Gambar 3.4 Rangkaian pengendali motor stepper

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

Setelah alat yang dirancang telah selesai dibuat, maka langkah selanjutnya adalah pengukuran dan pengujian alat tersebut. Dengan demikian dapat dibuat suatu perbandingan antara suatu perancangan dengan alat yang dibuat. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah :

- Untuk mengetahui apakah alat bekerja dengan baik.
- Melakukan pengambilan data untuk mendapat hasil kerja yang optimal.
- Menarik kesimpulan dari Tugas Akhir ini.

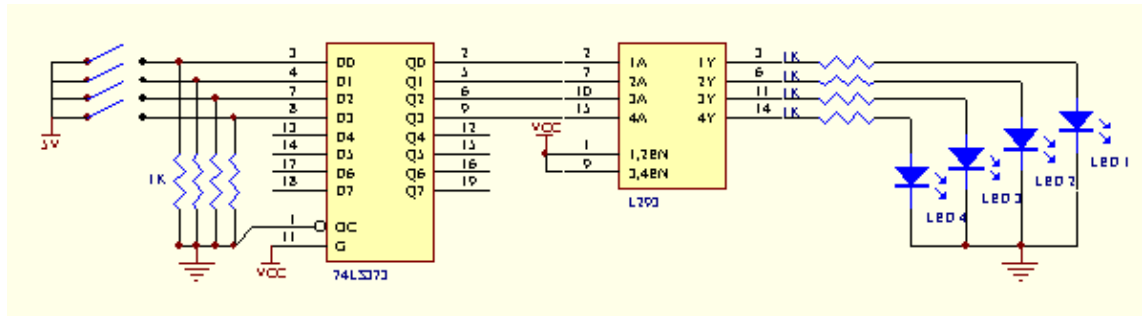
Adapun pembagian pengujian alat yang dilakukan yaitu :

1. Pengujian rangkaian PPI 8255.
2. Pengujian rangkain driver motor.
3. Pengujian rangkaian sensor.
4. Pengujian rangkaian keseluruhan.

4.1 Pengujian PPI 8255

Pada alat ini PPI 8255 diset sehingga port A sebagai input dan port B berfungsi sebagai output. Untuk menjalankan motor stepper keluaran dari PPI 8255 harus sesuai dengan keinginan masukan dari IC 74LS373. Berikut ini adalah hasil pengujian keluaran port B PPI 8255 serta reaksi motor terhadap keluaran tersebut.

4.2 Pengujian Driver motor



Gambar 4.1 Pengujian Rangkaian Driver Motor

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian Driver Motor

Step	Input				Output				Gerakan
	D3	D2	D1	D0	Led4	Led3	Led2	Led1	
1	1	0	0	1	1	0	0	1	1/4 step kekanan
2	0	1	0	1	0	1	0	1	1/2 step kekanan
3	0	1	1	0	0	1	1	0	3/4 step kekanan
4	1	0	1	0	1	0	1	0	1 step kekanan
5	1	0	1	0	1	0	1	0	1/4 step kekiri
6	0	1	1	0	0	1	1	0	1/2 step kekiri
7	0	1	0	1	0	1	0	1	3/4 step kekiri
8	1	0	0	1	1	0	0	1	1 step kekiri

Keterangan: 1 = Led Menyala ; 0 = Led Mati

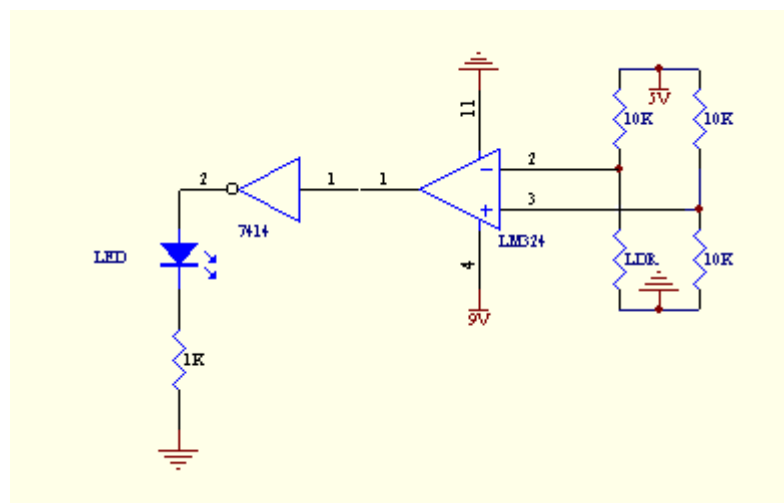
Dalam pengujian ini, Input yang diberikan untuk mengaktifkan IC 74LS373 adalah 0. Selama pengujian, IC 74LS373 menunjukkan kinerja yang baik. Hal tersebut diindikasikan dengan menyalnya LED1, LED2, LED3 dan

LED4 sesuai dengan input,. Kinerja yang baik juga terjadi dalam pengujian kondisi stop.

Pengujian IC L293 pun menunjukkan kinerja yang baik. Tegangan keluaran pada pin-pin output-nya sama besar dengan tegangan input Vcc-nya. IC L293 juga mampu merespon sinyal dari IC74LS373 dengan baik. Pengukuran tegangan dalam pengujian ini menggunakan multimeter digital DT-830B.

Setelah IC shift register 74LS373 dan IC L293 diuji secara terpisah, kedua IC tersebut di integrasikan dalam sebuah rangkaian driver motor, dan rangkaian tersebut menunjukkan kinerja yang baik pula.

4.3 Pengujian Rangkaian Sensor



Gambar.4.2 Pengujian Rangkaian Sensor

Tujuan dari pengujian sensor ini untuk memudahkan mencari solusi apabila ada kesalahan, apabila rangkaian tidak ada kesalahan maka sensor akan

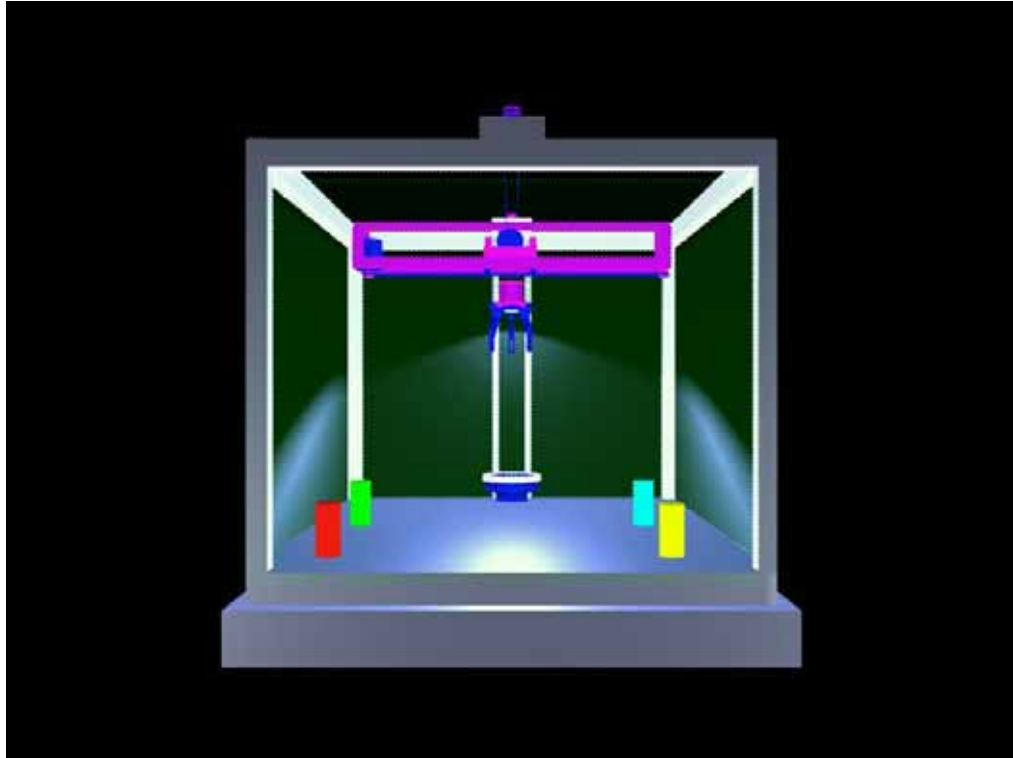
bekerja, caranya yaitu dengan memberikan benda diatas sensor, dan jika benar berfungsi maka led akan menyala.

Kedudukan sensor disini sangat berpengaruh sekali terhadap kinerja semua alat, karena proses kerja dari robot diawali dari sensor ini. Keakuratan sensor dalam mendeteksi benda sangat dipengaruhi oleh cahaya yang mengenai sensor, untuk itu benda yang diletakkan diatas sensor harus benar-benar menutupi sensor.

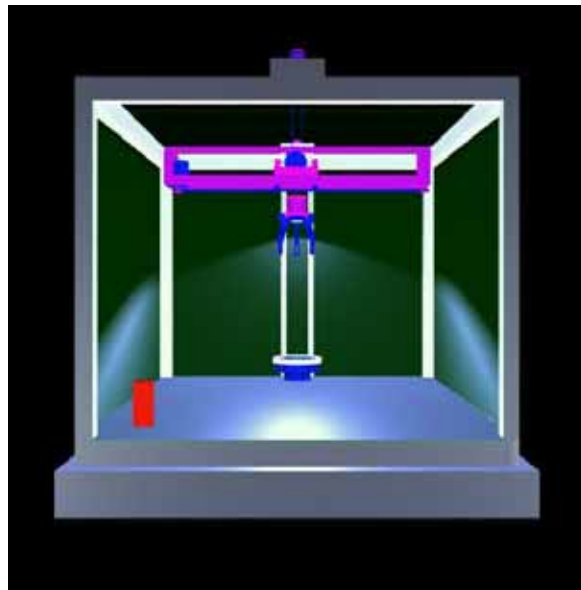
4.4 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bekerja atau tidaknya alat secara keseluruhan. Pengujian ini meliputi beberapa tahapan, antara lain :

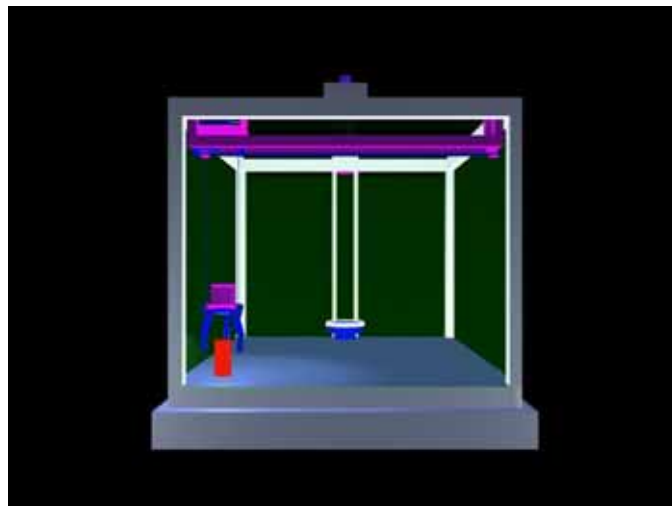
- Persiapan komponen mekanik, elektronik, dan perangkat lunak
- Mengintegrasikan ketiga komponen tersebut.
- Melakukan ujicoba operasional
- Membandingkan hasil yang diinginkan, dengan hasil yang didapat dari ujicoba.
- Mencari penyebab kesalahan, bila terjadi kesalahan.
- Kembali melakukan ujicoba hingga robot tersebut menunjukkan kinerja yang cukup baik.



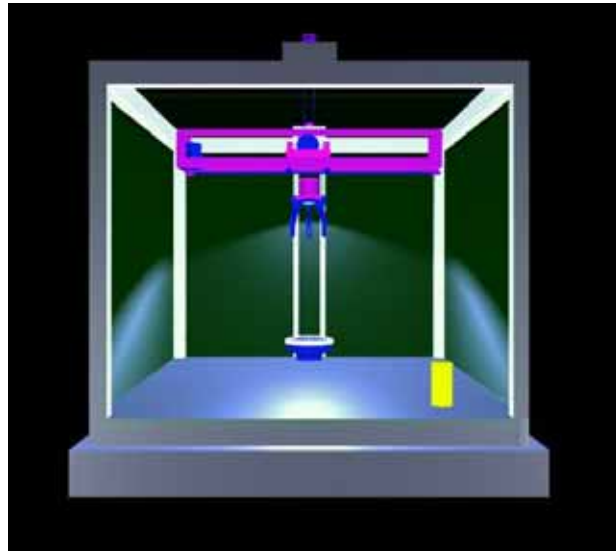
Gambar 4.3 Posisi awal Robot beserta letak-letak Sensornya



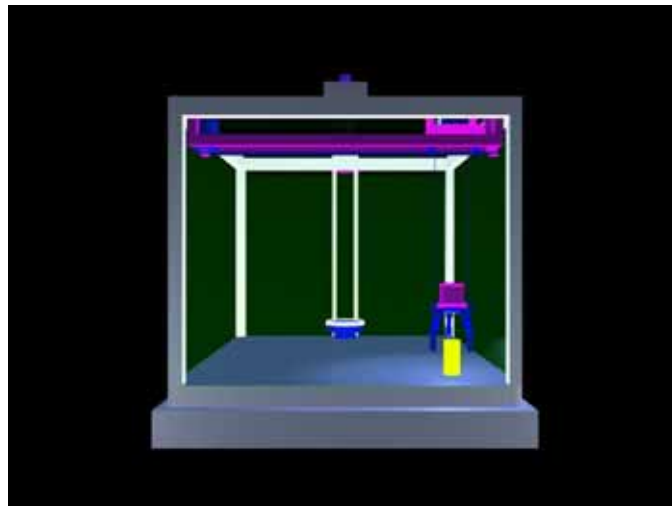
Gambar 4.4 Posisi Robot saat akan mengambil benda pada sensor 1



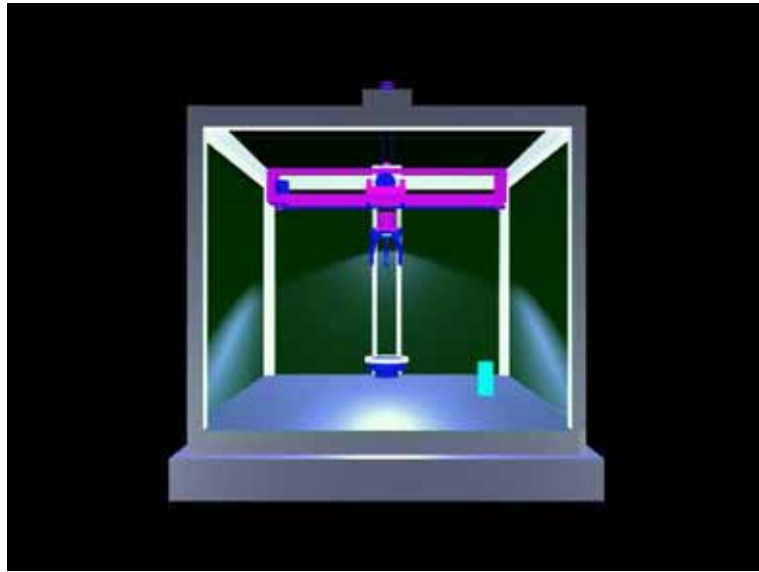
Gambar 4.5 Posisi Robot pada saat mengambil benda pada sensor 1



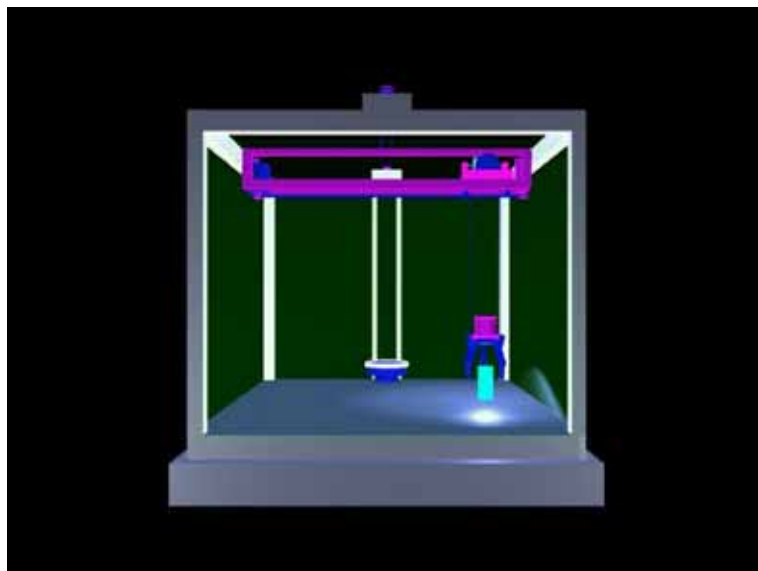
Gambar 4.6 Posisi Robot saat akan mengambil benda pada sensor 2



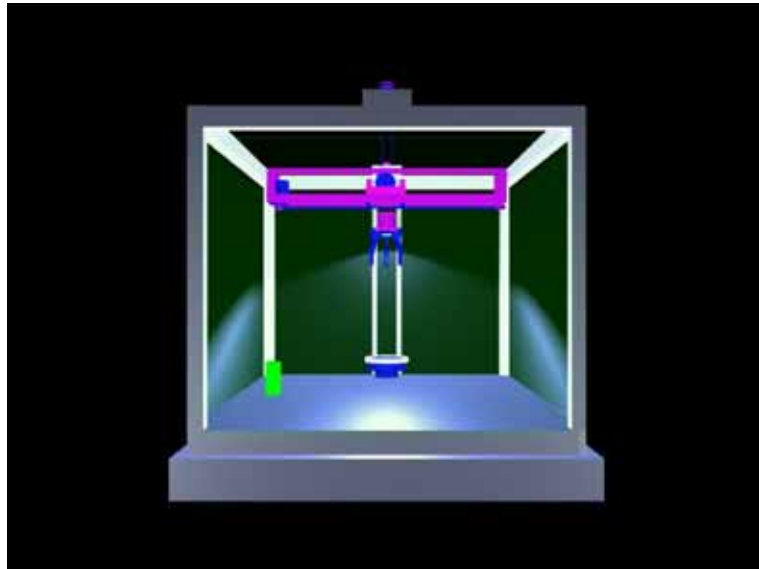
Gambar 4.7 Posisi Robot pada saat mengambil benda pada sensor 2



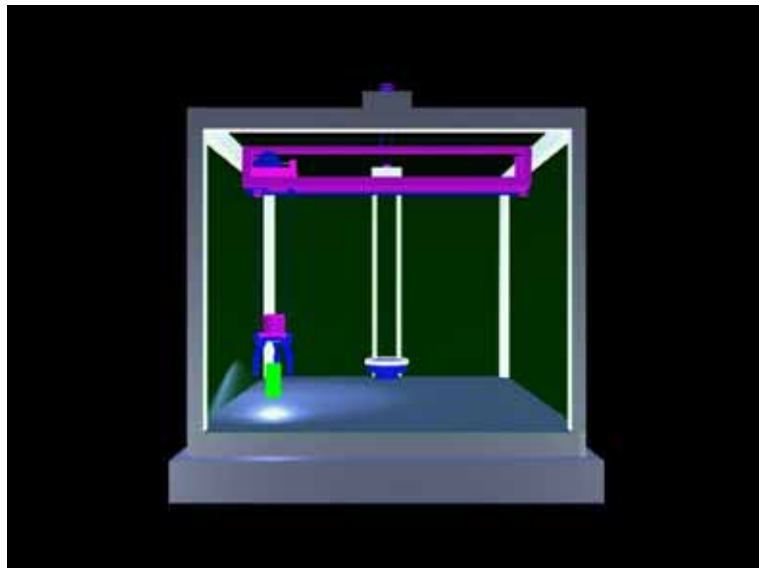
Gambar 4.8 Posisi Robot saat akan mengambil benda pada sensor 3



Gambar 4.9 Posisi Robot pada saat mengambil benda pada sensor 3



Gambar 4.10 Posisi Robot saat akan mengambil benda pada sensor 4



Gambar 4.11 Posisi Robot pada saat mengambil benda pada sensor 4

BAB V

KESIMPULAN

- Pada proses kerja otomatis pada alat ini, program mengasumsikan alat bekerja dengan kondisi ideal. Gerakan mekanik tidak selalu sesuai dengan yang diinginkan, kesalahan yang terjadi berkisar antara 1,5% s/d 3%.
- Secara keseluruhan, sistem dapat bekerja dengan kecepatan yang berkisar antara 0,1 mm/detik s/d 5,4 mm/detik.

DAFTAR PUSTAKA

1. P. Hogenboom, *Data Sheet Book 3*, Pt.Elek Media Komputindo, 1992
2. Warsito, *Data Sheet Book 1*, Elek Media Komputindo, 1996
3. Douglas V hall, *Microprosesor And Interfacing Programing and Hardware*, Mc Graw-hill, 1992
4. *Mengendalikan Motor Langkah*, Elek Media Komputindo, Jakarta 1998
5. Malvino, Albert Paul [1989], *Elektronika Komputer Digital*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta
6. Malvino, Albert Paul [1995], *Prinsip-prinsip Elektronik*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta
7. Wonoyudo, Bambang Daryanto [1997], *Rancang Bangun Robot Industri untuk Proses Pemotongan Pelat Secara Otomatis yang Dilengkapi dengan Alat Pembaca Pola*, Laporan Penelitian, Lemlit ITS, Surabaya.
8. Diktat- diktat kuliah