

PROTOTYPE ROBOT HUMANOID BERBASIS AT89C51
(PROTOTYPE THE HUMANOID ROBOT USING AT89C51)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

AMIR WATHONY AL MUKMININ
NIM. 0310632005

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2006

PROTOTYPE ROBOT HUMANOID BERBASIS AT89C51
(PROTOTYPE THE HUMANOID ROBOT USING AT89C51)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh

AMIR WATHONY AL MUKMININ
NIM. 0310632005

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh
Dosen Pembimbing

R. Arief Setyawan, ST.MT
NIP. 132 231 713

Ir. Ponco Siwindarto, MS
NIP. 131 837 966

PROTOTYPE ROBOT HUMANOID BERBASIS AT89C51
(*PROTOTYPE THE HUMANOID ROBOT USING AT89C51*)

Disusun Oleh

AMIR WATHONY AL MUKMININ
NIM. 0310632005

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 15 Agustus 2006

DOSEN PENGUJI

Ir. Muhammad Aswin
NIP. 131 879 045

Moch. Rif'an, ST. MT
NIP. 132 283 659

Ir. Bambang Siswojo
NIP. 131 759 588

Ir. Nurussa'adah
NIP. 131 994 339

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Purwanto, MT
NIP. 131 574 847

PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya jualan penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Prototipe Robot Humanoid Berbasis AT89C51 (*Prototipe the Humanoid Robot using AT89C51*)". Pengajuan skripsi ini merupakan persyaratan yang wajib ditempuh untuk meraih gelar Sarjana Teknik.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. R Arief Setiawan, ST, MT., selaku Pembimbing I
2. Ir. Ponco Siwindarto, MS., selaku Pembimbing II

Yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Universitas Brawijaya, kepada :

1. Bapak Ir. Purwanto, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
2. Bapak Ir. Hery Purnomo, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro
3. Bapak Ir. Ponco Siwindarto, MS., selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Bidang Elektronika
4. Seluruh Dosen, Laboran, dan Staf pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya
5. Seluruh mahasiswa Teknik Elektro terutama rekan-rekan Alih Program 2003, yang telah membantu hingga Skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya.

Hanya doa yang dapat penulis iringkan kepada Bapak, Ibu, serta Kakak-kakak dan Adik yang selalu memberikan doa, kepercayaan, dorongan, dan semangat yang tak pernah berhenti.

Dalam pembuatan Skripsi ini penulis menyadari terdapatnya kekurangan dan keterbatasan didalamnya. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi penyempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Juli 2006
Penulis,



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَالْعَصْرِ ﴿١﴾

إِنَّ الْإِنْسَانَ لِفِي خُسْرٍ ﴿٢﴾

إِلَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَاصَوْا

بِالْحَقِّ وَتَوَاصَوْا بِالصَّبْرِ ﴿٣﴾

*'Demi masa.
Sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian,
Kecuali orang-orang yang beriman dan
mengerjakan amal saleh dan nasehat menasehati
supaya mentaati kebenaran dan
nasehat menasehati supaya menetapi kesabaran.'* (Al-Asr : 1-3).

Pensembahan Untuk :

*Aji, Mama atas Do'a dan kasih sayangnya
Kakak dan Adik atas dorongannya.*

*Teman-teman seperjuangan Elektronika Alih Jenjang 2003 & 2004,
Teman atau sahabatku : Hery, habibi, sahrul, syarif dan mas syaiful,
didit, purbo, agidah, faisal, riki um, riki poltek, wanda, romy, hembing, mas amed, pahe
serta teman2 dari elektro extensi
yang telah ikut menyumbangkan tenaga dan waktunya..*



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	ii
RINGKASAN	iv
PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Sistematika Penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengenalan Robotika	5
2.1.1 Robot dengan Koordinat Kartesian	5
2.1.2 Robot dengan Koordinat Tabung	6
2.1.3 Robot dengan Koordinat Sferikal	6
2.1.4 Robot Artikulasi	7
2.2. Transmisi Sabuk (Rantai)	8
2.3. Torsi	10
2.4. Mikrokontroler	11
2.4.1 Mikrokontroler AT89C51	12
2.4.2 Penjelasan fungsi PIN AT89C51	14
2.4.3 Organisasi Memory	16
2.4.4 Osilator	17
2.4.5 Reset	17
2.5. PPI 8255	19



2.5.1	Mode Pengoperasian	20
2.5.2	<i>Control Word</i>	21
2.6.	Penahan Alamat	22
2.7.	Sensor	22
2.7.1	Saklar limit (<i>Limit Switch</i>)	22
	2.7.1.1 <i>Encoder limit switch</i>	23
2.7.2	Saklat tombol tekan (<i>Push Button</i>)	24
2.8	Optocoupler	25
2.9	Transistor sebagai saklar	26
2.10	Motor DC	28

BAB III METODOLOGI

3.1.	Studi Literatur	29
3.2.	Percobaan dan Eksperimen	29
3.3.	Spesifikasi dan Kemampuan Alat	29
3.4.	Perancangan Alat	30
3.5.	Perakitan Komponen Elektronika	30
3.6.	Pengujian Alat	31
3.7.	Pengambilan Kesimpulan	31

BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1.	Pembuatan Mekanik	32
4.1.1.	Tahap-tahap Pembuatan Mekanik	33
	4.1.1.1. Pembuatan Kedua Kaki	33
	4.1.1.2. Pembuatan Pinggang	34
	4.1.1.3. Pembuatan Dada dan Perut	36
	4.1.1.4. Pembuatan Bahu dan kedua lengan	41
	4.1.1.5. Pembuatan Telapak tangan dan Jari	41
	4.1.1.6. Pembuatan Kepala dan Leher	43
	4.1.1.7. Proses <i>Finishing</i>	44
4.2.	Perancangan Perangkat Keras	45
4.2.1.	Spesifikasi Alat	45

4.2.2.	Blok Diagram Alat Keseluruhan	46
4.2.2.1.	Prinsip Kerja Alat	51
4.2.3.	Perancangan Sensor	51
4.2.3.1.	Saklar Batas (<i>Limit Switch</i>)	51
4.2.3.2.	Tombol <i>Push Button</i>	52
4.2.4.	Mikrokontroler AT89C51	54
4.2.4.1.	Rangkaian Osilator	54
4.2.4.2.	Rangkaian Reset	55
4.2.4.3.	Penggunaan Port AT89C51	56
4.2.5.	PPI 82C55A	56
4.2.6.	Rangkaian Penahan Alamat	58
4.2.7.	<i>Driver Motor</i>	59
4.3.	Perancangan Perangkat Lunak	63
4.3.1.	Diagram Alir Program Utama	64

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

5.1.	Pengujian Sensor	65
5.1.1.	Pengujian <i>Limit Switch</i>	65
5.1.2.	Pengujian tombol <i>Push Button</i>	69
5.2.	Pengujian Rangkaian PPI 8255	72
5.3.	Pengujian Rangkaian Penahan Alamat 74HC573	75
5.4.	Pengujian <i>Driver motor DC</i>	77
5.5.	Pengujian Alat keseluruhan	78

BAB VI PENUTUP

6.1.	Kesimpulan	81
6.2.	Saran	81

DAFTAR PUSTAKA	83
-----------------------------	----

RIWAYAT HIDUP	84
----------------------------	----

LAMPIRAN A GAMBAR RANGKAIAN KESELURUHAN

A-1	Diagram Blok Keseluruhan	86
A-2	Gambar Rangkaian	87

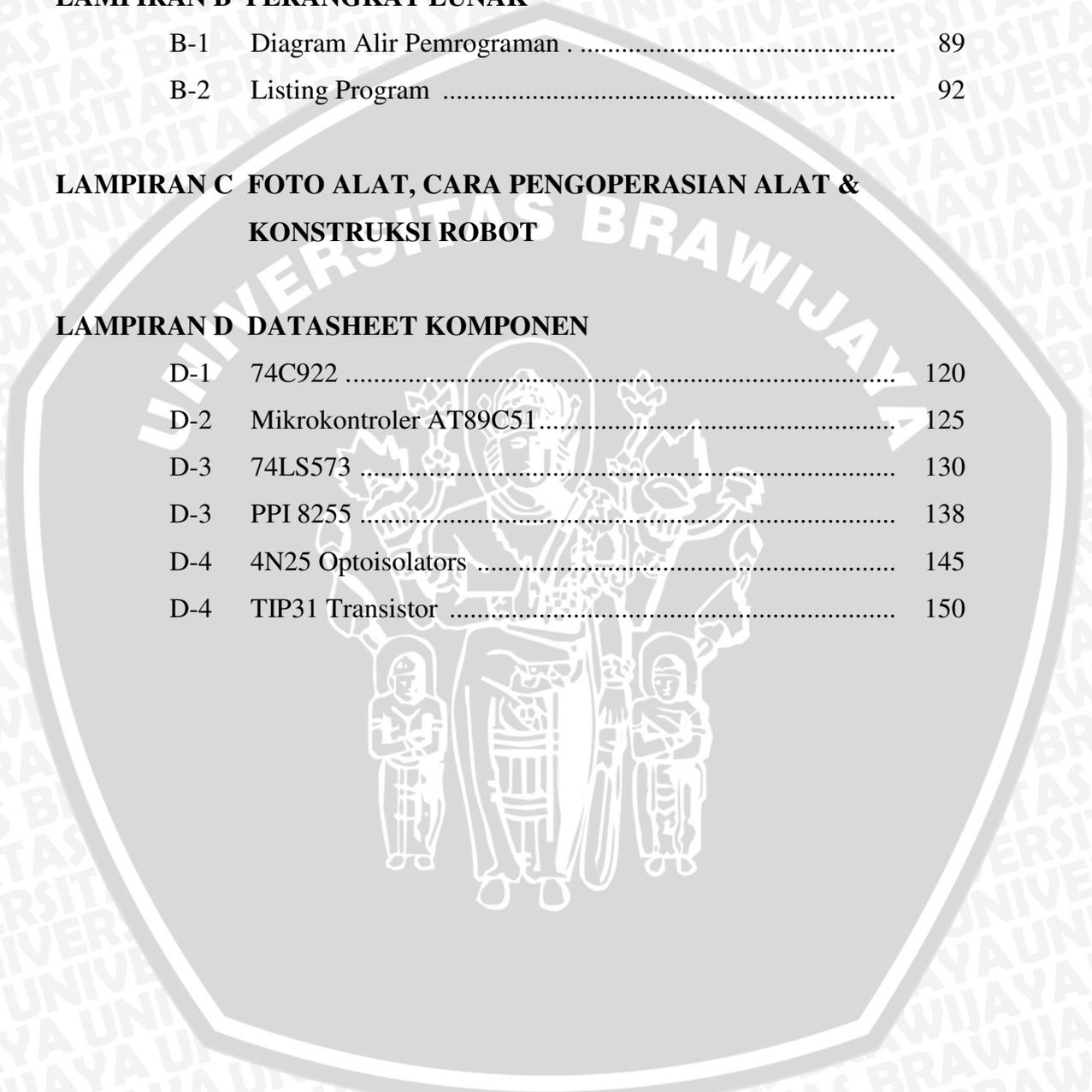
LAMPIRAN B PERANGKAT LUNAK

B-1	Diagram Alir Pemrograman	89
B-2	Listing Program	92

LAMPIRAN C FOTO ALAT, CARA PENGOPERASIAN ALAT & KONSTRUKSI ROBOT

LAMPIRAN D DATASHEET KOMPONEN

D-1	74C922	120
D-2	Mikrokontroler AT89C51	125
D-3	74LS573	130
D-3	PPI 8255	138
D-4	4N25 Optoisolators	145
D-4	TIP31 Transistor	150

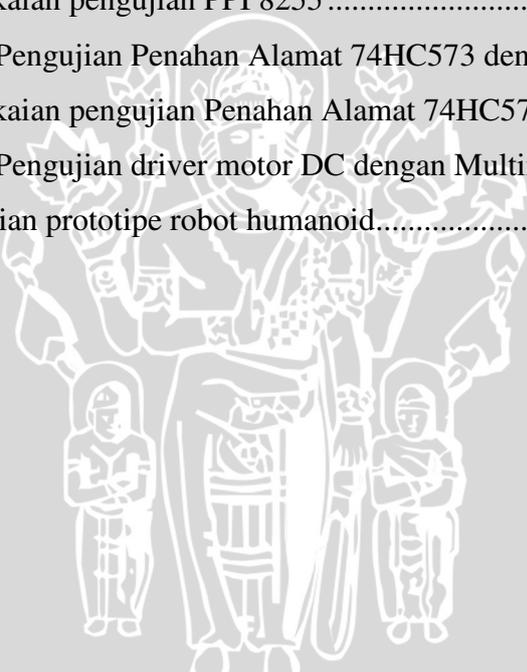


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Robot dengan Koordinat Kartesian.....	5
Gambar 2.2.	Robot dengan Koordinat Tabung.....	6
Gambar 2.3	Robot dengan Koordinat Spherikal.....	7
Gambar 2.4.	Robot Artikulasi	7
Gambar 2.5.	Transmisi sabuk	8
Gambar 2.7.	Arsitektur Mikrokontroller	11
Gambar 2.8.	Blok Diagram AT89C51	13
Gambar 2.9.	Susunan PIN AT89C51.....	14
Gambar 2.10.	(a) Rangkaian <i>power on reset</i>	18
	(b) Rangkaian <i>ekivalen power on reset</i>	18
Gambar 2.11.	Konfigurasi Pin PPI 8255	19
Gambar 2.12.	Blok diagram PPI 8255.....	20
Gambar 2.13.	Diagram <i>Control Word</i> PPI Intel 82C55A	21
Gambar 2.14.	Susunan Pin dari 74LS573	22
Gambar 2.15.	(a) Simbol <i>limit switch</i>	23
	(b) Saklar <i>limit switch</i>	23
Gambar 2.14.	Konfigurasi PIN MM74C922	20
Gambar 2.17	Simbol <i>Optocoupler</i>	25
Gambar 2.19.	Transistor sebagai saklar	23
Gambar 2.17.	Saklar transistor beban induktif (<i>relay</i>)	27
Gambar 2.20	Bentuk Dasar motor DC	28
Gambar 4.1.	Blok Diagram Perencanaan	32
Gambar 4.2.	Blok diagram tahap-tahap pembuatan mekanik	33
Gambar 4.3.	(a) Ukuran mekanik bagian kaki	34
	(b) Pemasangan motor dan katrol	34
	(c) Prototipe mekanik bagian kaki	34
Gambar 4.4.	(a) Ukuran mekanik bagian pinggang	35
	(b) Pemasangan motor dan katrol	35
	(c) Prototipe mekanik bagian pinggang	35
Gambar 4.5.	(a) Ukuran mekanik bagian dada dan perut	36

	(b) Pemasangan motor DC M3 & M7.....	36
	(c) Prototipe mekanik bagian dada dan perut	36
Gambar 4.6.	Mekanik lengan kanan kiri	38
Gambar 4.7.	Pulley 2	39
Gambar 4.8.	(a) Ukuran mekanik bahu dan lengan	41
	(b) Pemasangan motor DC M4 dan M8	41
Gambar 4.9.	(a) Ukuran mekanik telapak dan jari	42
	(b) Pemasangan motor DC M1 dan M2, penyangga.....	42
	(c) Prototipe mekanik telapak dan jari	42
Gambar 4.10.	(a) Ukuran mekanik kepala	43
	(b) Pemasangan motor DC M10-M12, LS0-LS5.....	43
	(c) Prototipe mekanik kepala	43
Gambar 4.11.	(a) Tampilan depan <i>prototype</i> robot.....	44
	(b) Tampilan samping <i>prototype</i> robot	44
Gambar 4.12.	Prototipe robot humanoid	45
Gambar 4.13.	Blok Diagram Prototipe robot humanoid	46
Gambar 4.14.	Papan tombol <i>remote control</i>	50
Gambar 4.15.	Rangkaian <i>limit switch</i> dan <i>encoder</i>	52
Gambar 4.16.	Rangkaian <i>push button</i> prototipe robot humanoid	53
Gambar 4.17.	Rangkaian Osilator	54
Gambar 4.18.	Rangkaian reset	55
Gambar 4.19.	Rangkaian Penahan Alamat 74HC573	58
Gambar 4.10.	Optocoupler Tipe 4N25	59
Gambar 4.21.	Driver Motor	60
Gambar 4.22.	Diagram Alir Program Utama	64
Gambar 5.1.	Blok Pengujian Sensor <i>Limit switch</i>	
	(a) Blok Pengujian Sensor <i>Limit switch</i> dengan LED.....	66
	(b) Blok Pengujian Sensor <i>Limit switch</i> dengan Multimeter	
	Digital	66
	(c) Blok Pengujian Sensor <i>Limit switch</i> dengan <i>encoder</i>	66
Gambar 5.2.	Hasil Pengujian Sensor <i>Limit switch</i>	
	(a) Hasil Pengujian Sensor <i>Limit switch</i> dengan LED.....	69

	(b) Hasil Pengujian Sensor <i>Limit switch</i> dengan Multimeter Digital	69
Gambar 5.3.	Blok Pengujian Tombol <i>push button</i>	
	(a) Blok Pengujian Tombol <i>push button</i> dengan LED.....	70
	(b) Blok Pengujian Tombol <i>push button</i> dengan Multimeter Digital	70
Gambar 5.4.	Hasil Pengujian Tombol <i>push button</i>	
	(a) Hasil Pengujian Tombol <i>push button</i> dengan LED	72
	(b) Hasil Pengujian Tombol <i>push button</i> dengan Multimeter Digital	72
Gambar 5.5.	Blok Pengujian PPI 8255	73
Gambar 5.6.	Rangkaian pengujian PPI 8255	74
Gambar 5.7.	Blok Pengujian Penahan Alamat 74HC573 dengan LED ...	75
Gambar 5.8.	Rangkaian pengujian Penahan Alamat 74HC573	76
Gambar 5.9.	Blok Pengujian driver motor DC dengan Multimeter	77
Gambar 5.10.	Pngujian prototipe robot humanoid.....	79



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	128 Byte <i>Special Function Register</i>	17
Tabel 2.2.	Tabel kebenaran encoder limit switch (keypad)	24
Tabel 4.1.	Data keluaran <i>Push Button</i>	53
Tabel 4.2.	Konfigurasi <i>control word</i>	57
Tabel 4.3.	Mapping Alamat PPI	57
Tabel 5.1.	Hasil Pengujian Sensor <i>Limit switch</i>	
	(a) Hasil Pengujian Sensor <i>Limit switch</i> dengan LED.....	67
	(b) Hasil Pengujian Sensor <i>Limit switch</i> dengan Multimeter Digital	68
	(c) Hasil Pengujian data keluaran encoder MM74C922.....	68
Tabel 5.2.	Hasil Pengujian Tombol <i>push button</i>	
	(a) Hasil Pengujian Tombol <i>push button</i> dengan LED	71
	(b) Hasil Pengujian Tombol <i>push button</i> dengan Multimeter Digital	71
Tabel 5.3.	Hasil Pengujian PPI 8255	74
Tabel 5.4.	Hasil Pengujian Penahan Alamat 74HC573	76
Tabel 5.5.	Hasil Pengujian Rangkaian driver motor DC	78
Tabel 5.2.	Hasil Pengujian Alat keseluruhan	
	(a) Hasil Pengujian ukuran diameter benda yang dapat di- genggam oleh jari robot, dengan berat = 0,5 kg	79
	(b) Hasil Pengujian berat benda yang dapat diangkat- oleh lengan robot, dengan diameter = ± 14 cm	80

RINGKASAN

Amir Wathony. 0310632005-63. 2005. *Prototipe Robot Humanoid Berbasis AT89C51 (Prototype the Humanoid Robot using AT89C51)*. Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Pembimbing: R Arief Setiawan, ST, MT dan Ir. Ponco Siwindarto, MS

Pengembangan teknologi baru bertujuan untuk memberikan fasilitas dan kemudahan kepada manusia dalam melakukan aktivitas kerja. Karena manusia memiliki keterbatasan dalam hal kemampuan fisiknya, sehingga dalam aktivitasnya memiliki batas-batas yang tertentu pula. Dengan demikian akan berpengaruh langsung pada tingkat efisiensi dari kerja manusia. Dalam usaha meningkatkan efisiensi kerja manusia, dewasa ini banyak dipikirkan kemungkinan penggunaan sistem-sistem baru pengganti tenaga manusia. Diantaranya kemajuan di bidang robotika banyak memberi solusi bagi masalah ini, terutama dalam hal kecepatan, ketelitian dan kekuatan (*power*). Kehadiran robot-robot ini banyak memberikan keuntungan bagi manusia itu sendiri, karena robot-robot mempunyai beberapa keunggulan dibanding dengan manusia biasa yaitu: produktivitas yang tinggi, dapat menghasilkan produk/barang yang sama dan lebih baik, serta fleksibel dalam penggunaannya.

Sistem kontrol Prototipe Robot Humanoid, dirancang dengan menggunakan kontrol mikrokontroler. Alat ini dapat dioperasikan dengan dua cara yaitu: (1) Secara manual dengan mengoperasikan tombol *push button*, (2) Secara otomatis. Operasi secara manual dilakukan dengan penekanan tombol, yaitu: (1) Tombol *UP*: untuk menggerakkan mekanik ke atas, (2) Tombol *DOWN*: untuk menggerakkan mekanik ke bawah, Operasi otomatis dimulai dari kepala bergerak kekanan diikuti dengan gerakan lengan kanan, dilanjutkan gerakan kepala kekiri yang diikuti oleh gerakan lengan kiri, kemudian telapak tangan dan jari robot bergerak menggenggam dan melepas genggaman

Dari hasil pengujian dan analisis diperoleh kesimpulan bahwa Prototipe Robot Humanoid Berbasis AT89C51 (*Prototype the Humanoid Robot using AT89C51*) secara prinsip telah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan, yaitu: (1) Pada saat tombol *push button* (PB1-PB18) ditekan, maka mekanik prototipe robot bergerak dengan baik. Saat mekanik robot menyentuh sensor pembatas *limit switch* (LS0-LS15), maka gerakan mekanik robot akan berhenti. (2) Ukuran minimum dan maksimum barang yang dapat digenggam oleh jari robot berdiameter 9 cm – 18 cm. Jika diameter barang kurang dari 9 cm, maka jari robot tidak dapat menggenggam karena faktor mekanisasi jari robot dan jika diameter barang melebihi 18 cm, maka kekuatan genggaman jari melemah dan tidak kuat. (3) Berat barang yang dapat diangkat oleh robot tidak boleh melebihi 1 kg, hal ini karena faktor mekanisasi dari lengan robot.

Dari perancangan dihasilkan Robot Penggenggam Dan Pemindah Barang dengan spesifikasi sebagai berikut: (1) Alat ini digunakan untuk mengangkat barang dan mengisinya kedalam *box*. (2) Gerakkan alat ini dikontrol oleh mikrokontroler AT89C51 yang dilengkapi dengan sensor *Limit switch* dan Tombol *Push button*. (3) Pengontrolan dilakukan oleh seorang operator dengan sebuah *remote control* yang memberikan input pada mikrokontroler AT89C51 yang sudah diprogram, sehingga mikrokontroler AT89C51 dapat melakukan pengendalian sesuai dengan diagram alir dari program. (4) Gerakan alat meliputi: gerak lengan turun ke bawah mengambil barang dan meletakkan barang, gerakan lengan naik ke atas dan gerakan berputar ke kanan dan ke kiri dan gerakan kepala mengikuti kearah lengan yang bergerak. (5) ukuran dan berat barang yang dipindahkan maksimum adalah: diameter 18 cm, minimum adalah: diameter 9 cm, dan berat maksimum 1kg.

Kata kunci: Robot, *Microcontroller*, PPI, Motor.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan Ilmu dan Teknologi menyebabkan kebutuhan manusia akan barang dan jasa semakin meningkat. Peningkatan kebutuhan ini harus diimbangi dengan naiknya produktifitas, ini merupakan tantangan bagi industri-industri untuk meningkatkan produksinya. Otomatisasi menjadi pilihan sebagai salah satu cara untuk meningkatkan produktifitas. Mesin-mesin pintar ini atau disebut sebagai robot, telah digunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti untuk memegang benda, mengecat, memasang sesuatu yang sulit dikerjakan oleh manusia biasa, dan sebagainya. Kehadiran robot-robot ini banyak memberikan keuntungan bagi manusia itu sendiri, karena robot-robot mempunyai beberapa keunggulan dibanding dengan manusia biasa yaitu: produktivitas yang tinggi, dapat menghasilkan produk/barang yang sama dan lebih baik, serta fleksibel dalam penggunaannya.

Robot industri pertama kali digunakan di USA tahun 1965 dan dioperasikan pada tahun 1700-an. Pengguna dan pioneernya adalah perusahaan mobil, 1980, produksi sebuah mobil BMW seri 14 membutuhkan waktu 192 jam, namun sekarang hanya membutuhkan tidak lebih dari 89 jam. Aplikasi lainnya : Bidang pertanian (robot pemotong wool dari kambing yang sudah dikembangkan di Australia, robot pemerah susu), bidang kelautan (sudah dikembangkan dalam pemeriksaan kabel bawah laut i.e transatlantic cable), industri konstruksi, industri logam yaitu penggunaan CAP, CAD, CAM, dan CMI (Computer Aided Planning, Computer Aided Design, Computer Aided Manufacturing, Computer Integrated Manufacturing), dan dalam bidang luar angkasa misalnya robot transport.

Penelitian-penelitian tentang robot semakin banyak dilakukan di kalangan pendidikan maupun diluar pendidikan. Penelitian-penelitian ini dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan dari robot-robot sehingga akan menambah manfaat bagi kehidupan manusia.

Di Laboratorium Sistem Pengaturan, Teknik Elektro, Universitas Brawijaya saat ini baru terdapat robot yang berbentuk satu lengan yang bernama

ROB2R, sehingga perlu kiranya diadakan suatu penelitian tentang robot yang bukan hanya satu lengan robot tetapi mempunyai dua lengan beserta badan dan kepala robot, seperti layaknya tubuh manusia (*Humanoid*).

Dilihat dari uraian diatas manfaat dari alat ini sangat membantu mahasiswa khususnya mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya untuk mengenal lebih jauh bagaimana membuat prototipe Robot Humanoid sehingga dapat dimanfaatkan untuk bahan pengembangan ilmu dan teknologi Robotika pada tingkat jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Prototipe Robot Humanoid berbasis AT89C51 dirancang dan dibuat dengan prinsip yang sederhana, yaitu dengan menggunakan mikrokontroler AT89C51, dimana gerakan robot diatur oleh seorang operator menggunakan remote pengontrol. Kemampuan gerak yang dimiliki alat ini meliputi: gerak lengan mengambil barang dan meletakkan barang. Gerakan mengambil barang dan melepas barang meliputi gerakan menutup jari untuk mengambil barang dan membuka jari untuk melepas barang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah Prototipe Robot Humanoid Berbasis mikrokontroler AT89C51 adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat badan, kepala, lengan robot dan jari robot agar dapat bergerak naik-turun mengambil barang serta membuka jari dan menutup jari.
2. Bagaimana merancang dan membuat rangkaian driver motor DC untuk menggerakkan motor penggerak prototipe Robot.
3. Bagaimana merancang dan membuat *listing* program kerja alat dengan mikrokontroler AT89C51.
4. Berapakah berat dan ukuran benda maksimal yang dapat diangkat oleh lengan robot.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar tidak melebarnya masalah yang dibahas dalam penelitian ini, maka akan dibatasi pembahasan permasalahan yang ada. Adapun yang akan dibahas adalah:

1. Pengendalian alat menggunakan mikrokontroler AT89C51.
2. Tidak membahas analisa sistem koordinat mekanik robot.
3. Sensor yang digunakan adalah saklar batas (*limit switch*) dan tombol *Push Button*.
4. Motor yang digunakan untuk gerakan alat menggunakan motor DC *gearbox*.
5. Gerakan alat meliputi: gerak lengan turun ke bawah mengambil barang dan meletakkan barang, kemudian diikuti dengan gerakan kepala mengarah kepada posisi lengan robot yang bergerak.
6. Berat dan ukuran barang atau benda disesuaikan dengan kemampuan alat.
7. Tidak membahas perancangan catu daya.
8. Tidak membahas torsi dan rugi-rugi daya pada motor.

1.4 Tujuan

Dari ilustrasi permasalahan di atas, tujuan dari pembuatan prototipe robot humanoid berbasis AT89C51 ini adalah:

Terealisasinya prototipe robot humanoid berbasis AT89C51 sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pembelajaran sebagai wacana baru pengembangan ilmu dan teknologi Robotika di Jurusan Teknik Elektro Brawijaya.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- BAB I** : Menjelaskan tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan skripsi.
- BAB II** : Menjelaskan tentang teori dasar yang menunjang perencanaan alat dan komponen-komponen pendukung.

BAB III : Menjelaskan tahap demi tahap penelitian skripsi.

BAB IV : Menjelaskan tentang diagram blok rangkaian, prinsip kerja rangkaian, dan realisasi alat.

BAB V : Menjelaskan tentang pengujian alat dan analisis hasil pengujian alat.

BAB VI : Menjelaskan tentang kesimpulan akhir dari perancangan alat dan saran-saran yang memungkinkan pengembangan alat dimasa mendatang.

Lampiran : Berisi tentang gambar mekanik, gambar rangkaian, daftar, listing program dan *datasheet* komponen.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada kajian pustaka ini akan dibahas teori dasar robot dan teori dasar dari komponen-komponen elektronika yang akan digunakan untuk membuat rangkaian dari alat, komponen-komponen yang akan dibahas antara lain: mikrokontroler AT89C51, PPI 8255, *limit switch*, tombol *push button*, transistor dan motor DC.

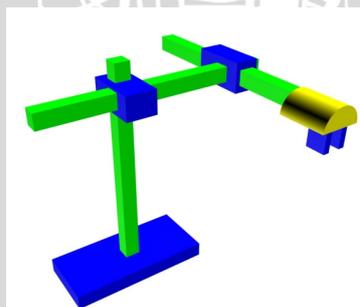
2.1 Pengenalan Robotika

Robot berasal dari kata *robot* oleh Karel Capek tahun 1921, dalam bahasa Ceko yang berarti kerja. Ada beberapa definisi tentang robot, satu diantaranya adalah definisi yang diberikan oleh Institut Robot Amerika yaitu sebuah *manipulator* yang dapat diprogram dan mempunyai banyak kegunaan diantaranya untuk memindahkan benda, peralatan atau suatu sistem khusus dengan bermacam-macam gerakan untuk menyelesaikan tugas. (Klafter, 1987; 3).

Klasifikasi Robot berdasarkan sistem koordinat dapat dibedakan menjadi empat konfigurasi dasar yaitu:

2.1.1 Robot dengan Koordinat Kartesian

Kerangka utama dari robot dengan sistem koordinat kartesian ini terdiri dari 3 sumbu linier, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



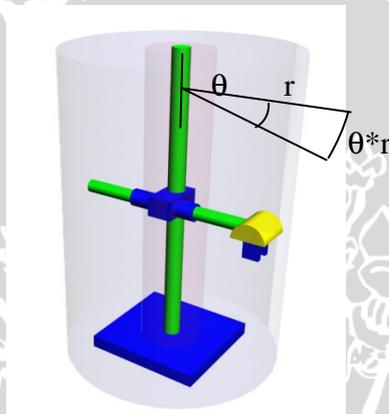
Gambar 2.1. Robot dengan Koordinat Kartesian
Sumber : Yoram, 1987:37

Sumbu tegak dapat digerakkan keatas dan kebawah sedang dua sumbu yang lainnya yang letaknya pada bidang horizontal dapat digerakkan maju-mundur dan ke kanan ke kiri secara linier. Tangan robot ini dapat digunakan untuk menjangkau obyek yang berada dalam ruang kerja dari robot. Robot jenis ini

jarang digunakan dalam industri karena bagian mekaniknya kurang fleksibel. Dan juga karena kecepatan operasinya cenderung lebih lambat bila dibanding dengan robot yang mempunyai gerakan berputar (Yoram, 1987;38).

2.1.2 Robot dengan Koordinat Tabung

Kerangka utama dari robot yang menggunakan sistem koordinat tabung ini terdiri dari sebuah lengan horizontal yang dipasang pada sebuah tiang tegak yang dapat berputar. Lengan horizontal dapat digerakkan kedalam atau keluar dan dapat digerakkan keatas-kebawah sepanjang sumbu tegak. Ruang kerja dari koordinat ini adalah seperti tabung, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



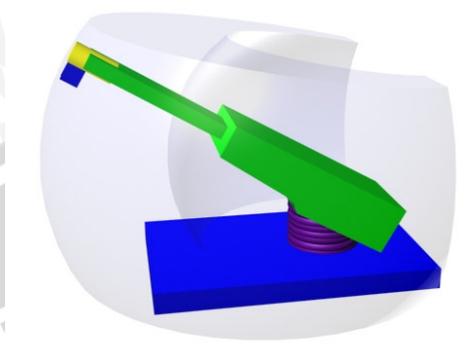
Gambar 2.2 Robot dengan Koordinat Tabung
Sumber : Yoram, 1987:39

Ketelitian gerakan dari robot ini tidak tetap, tergantung pada jarak (r) antara tiang tegak dengan tangan. Jika unit resolusi dari tiang yang berputar ini adalah θ radian, maka resolusi pada akhir lengan adalah $\theta*r$. Keuntungan robot dengan sistem koordinat ini adalah dapat bergerak lebih cepat bila dibanding dengan robot yang menggunakan sistem koordinat kartesian karena mempunyai sumbu putar. (Yoram, 1987;39).

2.1.3 Robot dengan Koordinat Spherikal.

Susunan kerangka robot dengan koordinat spherical ini hampir sama dengan meriam dari sebuah tank. Kerangka utamanya terdiri dari dasar yang

berputar, sebuah poros pengangkat dan sebuah lengan teleskopik yang dapat digerakkan kedalam atau keluar seperti ditunjukkan dalam gambar 2.3.

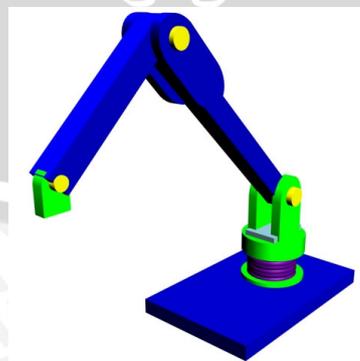


Gambar 2.3 Robot dengan Koordinat Sferikal
Sumber : Yoram, 1987:40

Ruang kerja dari robot ini berbentuk spherical. Kerugian dari robot dengan system koordinat ini adalah ketelitiannya rendah karena mempunyai dua sumbu putar. Sedang keuntungan utama dari robot dengan system ini adalah bagian mekaniknya yang lebih fleksibel bila dibandingkan dengan koordinat kartesian. (Yoram, 1987;40).

2.1.4 Robot Artikulasi

Robot jenis ini terdiri dari tiga lengan yang dihubungkan dengan dua sendi yang dapat tergulung. Lengan-lengan ini dipasang pada sebuah dasar yang dapat berputar seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.4.

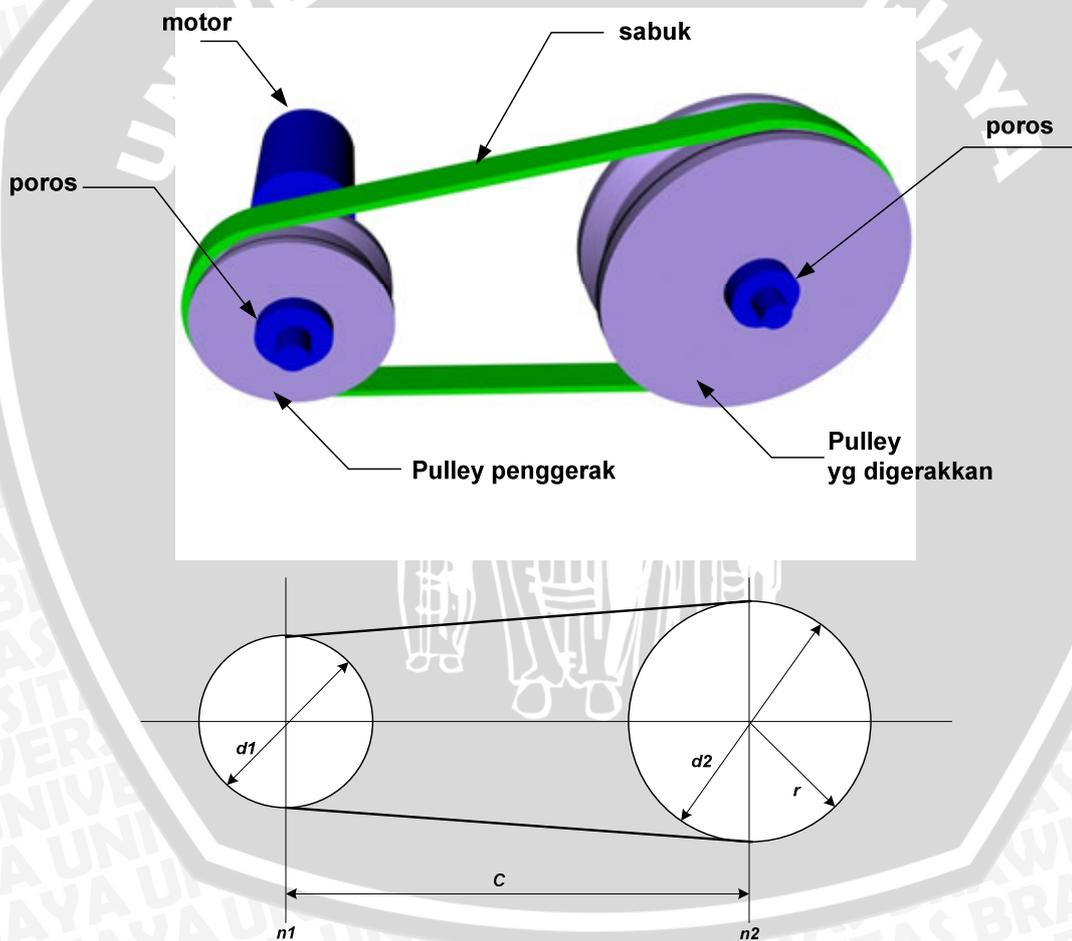


Gambar 2.4 Robot Artikulasi
Sumber : Yoram, 1987:43

Bagian mekanik dari robot jenis ini mirip dengan lengan manusia. Karena robot ini mempunyai tiga sendi putar maka ketelitiannya tergantung pada posisi seluruh lengan. Akurasi dari robot ini sangat rendah karena kesalahan masing-masing sendi akan saling menambahkan pada akhir dari lengan. Keuntungan dari robot jenis ini adalah kecepatan yang tinggi dan bagian mekanik yang sangat fleksibel. Ruang kerja robot dari robot jenis ini berbentuk bola. (Yoram, 1987;43).

2.2 Transmisi Sabuk (Rantai)

Tranmisi sabuk dapat anda lihat dalam Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Tranmisi sabuk

(Sumber : Kyokatsu suga :168)

Dalam pembuatan mekanik biasanya terdapat dua buah elemen mesin yang mempunyai jarak poros yang berbeda beda antara satu dengan yang lain, sehingga jarak yang jauh antara dua buah poros sering tidak memungkinkan transmisi langsung dengan roda gigi. Dalam hal demikian, cara transmisi putaran atau daya yang lain dapat diterapkan, dimana sebuah sabuk luwes atau rantai dibelitkan sekeliling puli atau sprocket pada poros.

Sesuai dengan Gambar 2.5, dimana putaran puli penggerak dan yang digerakkan berturut turut adalah n_1 (rpm) dan n_2 (rpm), dan diameter nominal masing-masing adalah d_1 (mm) dan d_2 (mm).

$$d_1 = \frac{d_2 \times n_2}{n_1} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$d_2 = \frac{d_1 \times n_1}{n_2}$$

$$n_1 = \frac{d_2 \times n_2}{d_1} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$n_2 = \frac{d_1 \times n_1}{d_2}$$

Dan perbandingan transmisinya, i :

$$i = \frac{n_1}{n_2} \text{ atau}$$

$$i = \frac{d_2}{d_1} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

d_1 = Diameter *pulley* penggerak (motor)

d_2 = Diameter *pulley* yang digerakkan oleh motor

n_1 = Kecepatan *pulley* penggerak (motor) dalam rpm

n_2 = Kecepatan *pulley* yang digerakkan oleh motor dalam rpm

i = Perbandingan transmisi.

Perhitungan Panjang sabuk, dapat dihitung dengan persamaan :

$$L = 2.c + \frac{\pi}{2} \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) + \frac{1}{4c} (d_1 - d_2)^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

c = Jarak sumbuk poros

d₁ = Diameter *pulley* penggerak (motor)

d₂ = Diameter *pulley* yang digerakkan oleh motor

2.3 Torsi

Torsi didefinisikan sebagai kekuatan yang berguna untuk menghasilkan dan mengatur rotasi. Fungsi torsi pada motor DC adalah untuk menghasilkan keluaran mekanik atau mengatur sebuah perlengkapan yang berhimpit dengan motor DC. Ketika sebuah tegangan diberikan pada sebuah motor, arus akan mengalir melewati medan lilitan, menghasilkan sebuah medan magnet.

Torsi yang ada pada motor dapat dihitung dengan persamaan :

Daya motor :

$$P = \frac{T \cdot \pi \cdot n}{30000} \dots\dots\dots(2.6)$$

sehingga torsi motor :

$$T = \frac{30000 \cdot P}{\pi \cdot n} \dots\dots\dots(2.7)$$

Hubungan Torsi dengan gaya, maka persamaannya:

$$T = F \times r \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana :

P = Daya motor [Watt], 1kg = 9,80665 Watt

T = Torsi motor [Nmm]

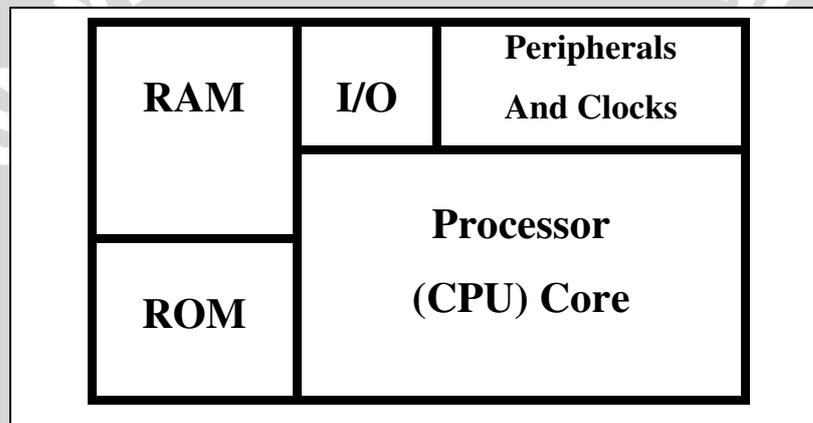
n = Putaran [rpm]

r = Jarak pusat eksentrik.



2.4 Mikrokontroler

Secara umum, Mikrokontroler berfungsi sama dengan computer (PC). Bedanya adalah MK memiliki desain dalam sebuah *single chip* (IC). Mikrokontroler (MK/MC) terdapat di hampir semua peralatan elektronik di sekeliling kita, didalam tape, TV, radio, telepon genggam (HP) dll. MK memiliki kemampuan yang diperlukan untuk membuat keputusan berdasarkan sinyal dari luar dengan kata lain MK merupakan otak dari sebuah perangkat elektronik. MK terdiri atas empat unsur yaitu prosessor (CPU), memori, perangkat I/O dan perangkat lain. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Arsitektur Mikrokontroler

Sumber : <http://www.atmel.com/89C51.pdf>

Blok CPU, memori dan I/O merupakan blok utama sebuah mikrokontroler. Setiap MK pasti memiliki blok tersebut. Selain tiga blok utama tersebut terdapat perangkat (*peripheral*) lain. Ketersediaan peripheral-peripheral dalam MK tersebut dapat mengurangi adanya perangkat eksternal sehingga memperkecil ukuran alat elektronik secara keseluruhan.

Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari *internal memori* ke ALU. Banyak instruksi yang digabung dengan pin-pin chipnya. Pin tersebut yaitu pin yang dapat diprogram (*programmable*) yang mempunyai beberapa fungsi yang

berbeda tergantung pada kehendak *programmer*. Sedangkan *mikroprosesor* didesain sangat fleksibel dan mempunyai banyak *byte* instruksi. Semua instruksi bekerja dalam sebuah konfigurasi perangkat keras yang membutuhkan banyak ruang *memori* dan perangkat I/O dihubungkan ke alamat dan pin-pin data bus pada *chip*.

2.4.1 Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 merupakan mikrokontroler 8 bit kompatibel dengan standar industri MCS-51TM baik atas segi pemrograman maupun kaki tiap pin. Mikrokontroler AT89C51 mempunyai 4 kbyte PROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*). Pada dasarnya mikrokontroler adalah terdiri atas mikroprosesor, *timer*, dan *counter*, perangkat I/O dan internal memori. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didisain dalam bentuk *chip* tunggal. Pada dasarnya mikrokontroler mempunyai fungsi yang sama dengan mikroprosesor yaitu untuk mengontrol suatu kerja sistem. Selain itu mikrokontroler juga dikemas dalam satu *chip* (*single chip*). Didalam mikrokontroler juga terdapat CPU, ALU, PC, SP, dan register seperti dalam mikroprosesor, tetapi juga ditambah dengan perangkat-perangkat lain seperti ROM, RAM, PIO, SIO, *counter* dan sebuah rangkaian *clock*. Mikrokontroler didisain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari internal memori ke ALU.

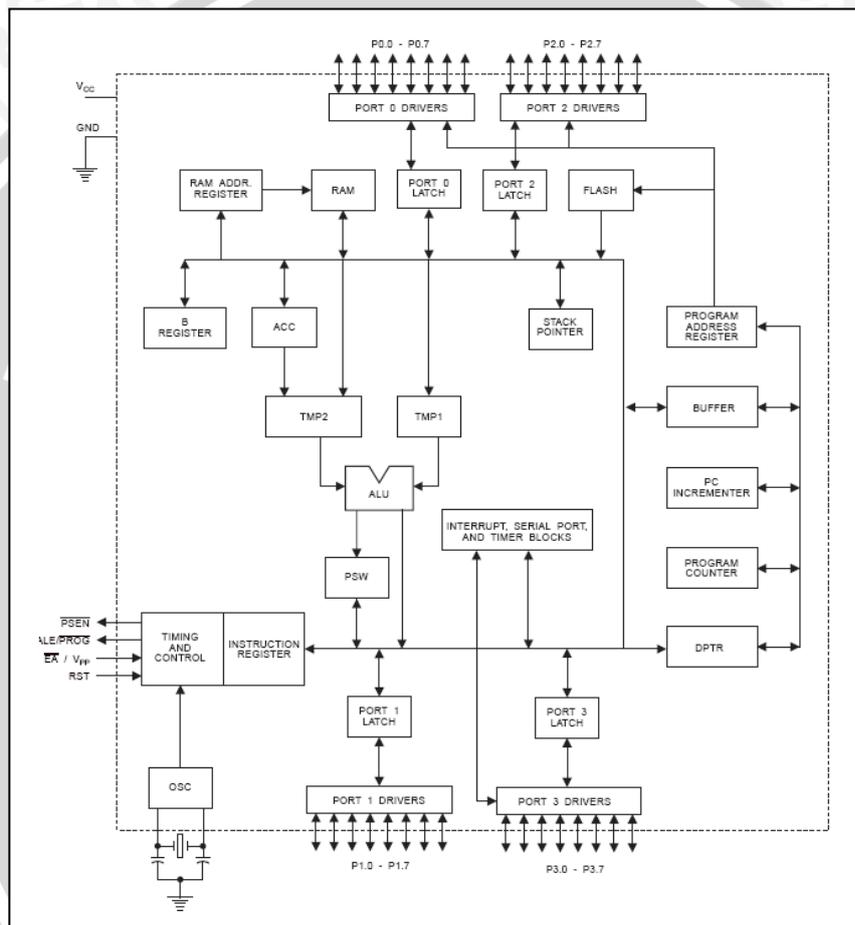
Sebagai suatu sistem kontrol mikrokontroler AT89C51 bila dibandingkan dengan mikroprosesor memiliki kemampuan dan segi ekonomis yang bisa diandalkan karena dalam mikrokontroler sudah terdapat RAM dan ROM sedangkan mikroprosesor didalamnya tidak terdapat keduanya. Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler AT89C51 adalah sebagai berikut :

(Atmel, 1997: 4-29)

- Sebuah CPU 8 bit dengan menggunakan teknologi dari Atmel
- Memiliki memori baca-tulis (RAM) sebesar 128 byte
- Jalur dua arah (*bidirectional*) yang digunakan sebagai saluran masukan atau keluaran
- Sebuah *port* serial dengan kontrol *full duplex* UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*)

- Dua buah *timer/counter* 16 bit
- Osilator internal dan rangkaian pewaktu
- EEPROM yang besarnya 4 kbyte untuk memori program
- Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian, dan operasi *Boolean* (bit)
- Mampu beroperasi sampai 24 MHz

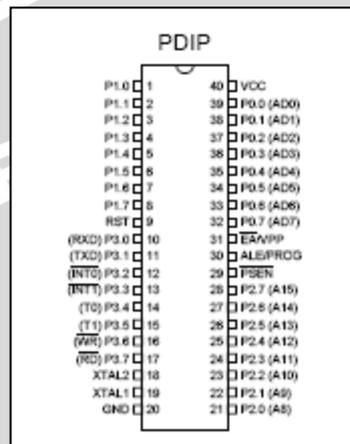
Blok diagram AT89C51 ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Blok Diagram AT89C51
 Sumber : Atmel, 1997: 4-30

2.4.2 Penjelasan Fungsi Pin AT89C51

Masing-masing kaki atau pin dalam mikrokontroler AT89C51 mempunyai fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi masing-masing kaki mikrokontroler AT89C51, perancangan aplikasi mikrokontroler AT89C51 akan lebih mudah merencanakan dan membuat sistem yang dirancang. AT89C51 mempunyai 40 pin, susunan masing-masing pin dengan konfigurasi yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Susunan Pin AT89C51
Sumber: Atmel, 1997: 4-29

VCC (*Supply* tegangan)

GND (*Ground*)

Port 0

Merupakan port input-output dua arah, dan dikonfigurasi sebagai multipleks bus alamat rendah (A0-A7) dan data selama pengaksesan program memory dan data memory eksternal.

Port 1

Merupakan port input-output dua arah dengan internal pull-up.

Port 2

Merupakan port input-output dengan internal pull-up. Mengeluarkan address tinggi selama pengambilan (fetch) program memory external dan selama pengaksesan ke data memory external. Selama pengaksesan ke external data memory port 2 mengeluarkan isi P2 SFR (Special Function Register). Menerima address tinggi dan beberapa sinyal kontrol selama pemrograman dan verifikasi.

Port 3

Merupakan port input-output dengan internal pull-up

Port 3 juga memiliki fungsi khusus, yaitu:

- RXD (P3.0) : Port input serial
- TXD (P3.1) : Port output serial
- INT0 (P3.2) : Interupt 0 eksternal
- INT1 (P3.3) : Interupt 1 eksternal
- T0 (P3.4) : Input eksternal timer 0
- T1 (P3.5) : Input eksternal timer 1
- WR (P3.6) : Strobe tulis data memory eksternal
- RD (P3.7) : Strobe baca data memory eksternal

 RST

Input Reset

 ALE/PROG

Pulsa output ALE digunakan untuk proses 'latching' byte address rendah (A0-A7) selama pengaksesan ke eksternal memory. Pin ini juga digunakan untuk memasukkan pulsa program (prog) selama pemrograman. Pada operasi normal ALE mengeluarkan rate konstan yaitu 1/6 frekuensi osilasi dan boleh digunakan untuk timing eksternal atau penclockkan.

 PSEN

Merupakan strobe baca ke program memory eksternal

 EA/VPP

External address enable. EA digroundkan jika mengakses memory eksternal. Untuk mengakses memory internal maka dihubungkan ke VCC.

 X-TAL1 dan X-TAL2

Pin ini dihubungkan dengan kristal bila menggunakan osilator internal X-TAL1 merupakan input inverting osilator amplifier sedangkan X-TAL2 output inverting osilator amplifier.

2.4.3 Organisasi Memory

Di dalam AT89C51 ruang alamat telah dibedakan untuk program memory dan data memory.

a. Program Memory Internal

AT89C51 memiliki program memory internal sebesar 4 Kbyte dengan ruang alamat 0000H - 0FFFH. Jika alamat-alamat program lebih tinggi dari pada 0FFFH, yang melebihi kapasitas ROM internal menyebabkan AT89C51 secara otomatis mengambil Code byte juga dapat diambil hanya dari eksternal memory dengan alamat 0000H - FFFFH dengan cara menghubungkan pin EA ke ground.

b. Data Memory (RAM) Internal

Ruang alamat bawah memory data (RAM) internal dengan kapasitas 128 byte yaitu 00H-7FH yang terbagi atas 3 daerah, yaitu:

- Empat bank register
- Setiap bank terdiri dari 8 register (R0-R7) sehingga jumlah register untuk keempat bank register (bank 0 – bank 3) menjadi 32 buah register yang menempati ruang alamat 00H-1FH. Mengaktifkan salah satu bank register dapat dilakukan dengan mengatur RS0-RS1 pada PSW (Program Status Word).
- Bit Addressable
- Terdiri dari 16 byte yang berada pada alamat 20H-2FH. Masing-masing 128 bit lokasi ini dapat dialamati secara langsung.
- Stratch Pad Area
- Terdiri atas 80 byte yang menempati alamat 30H-7FH. Yang dapat dialamati secara langsung dan digunakan untuk keperluan umum (general purpose) misalnya digunakan untuk lokasi stack.

c. SFR (Special Function Register)

Untuk operasi AT89C51 yang tidak menggunakan alamat internal RAM (00H-7FH) dilakukan oleh SFR yang beraddress 80H-FFH, tetapi tidak semua address tersebut digunakan sebagai SFR, hanya address tertentu seperti dijelaskan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 128 Byte Special Function Register

SYMBOL	NAME	ADDRESS
ACC	ACCUMULATOR	0E0h
B	B REGISTER	0F0h
PSW	PROGRAM STATUS WORD	0D0h
SP	STACK POINTER	81h
DPTR	DATA POINTER 2 BYTE	
DPL	LOW BYTE	82h
DPH	HIGH BYTE	83h
P0	PORT 0	80h
P1	PORT 1	90h
P2	PORT2	0A0h
P3	PORT 3	080h
IP	INTERUPT PERIORITY CONTROL	088h
IE	INTERUPT ENABLE CONTROL	0Abh
TMOD	TIMER/COUNTER MODE CONTROL	89h
TCON	TIMER/COUNTER CONTROL	88h
+T2CON	TIMER/COUNTER 2 CONTROL	0CBh
TH0	TIMER/COUNTER 0 HIGH CONTROL	8Ch
TL0	TIMER/COUNTER 0 LOW CONTROL	8Dh
TH1	TIMER/COUNTER 1 HIGH CONTROL	8Dh
TL1	TIMER/COUNTER 1LOW CONTROL	8Bh
TH2	TIMER/COUNTER 2 HIGH CONTROL	0CDh
TL2	TIMER/COUNTER 2 LOW CONTROL	0CCh
RCAP2H	T/C 2 CAPTURE REG.HIGH BYTE	0CBh
+RCAP2L	T/C 2 CAPTURE REG.LOW BYTE	0Cah
SCON	SERIAL CONTROL	98h
SBUF	SERIAL DATA BUFFER	99h
PCON	POWER CONTROL	87h

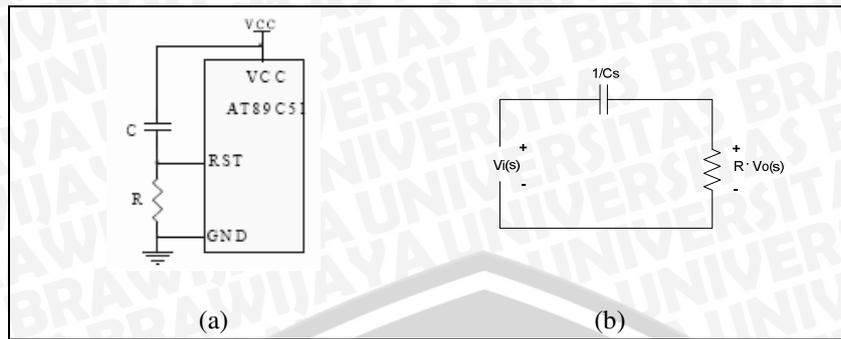
Sumber: Moh. Ibnu Malik dan Anistardi, Bereksperimen dengan Microcontroller 8031

2.4.4 Osilator

Mikrokontroler AT89C51 memiliki osilator internal (*on chip oscillator*) yang dapat digunakan sebagai sumber pewaktuan (*clock*) bagi CPU. Untuk menggunakan internal diperlukan sebuah kristal atau resonator keramik antara pin XTAL1 dan pin XTAL2 dan sebuah kapasitor ke *ground*. Untuk kristalnya dapat digunakan dengan frekuensi dari 6 sampai 12 MHz, sedangkan kapasitor dapat bernilai 27 pF sampai 33 pF.

2.4.5 Reset

Rangkaian *power on reset* diperlukan untuk mereset mikrokontroler secara otomatis setiap catu daya *on*. Gambar 2.10 menunjukkan rangkaian *power on reset*. Ketika catu daya diaktifkan, rangkaian *reset* menahan logika tinggi pin RST dengan jangka waktu yang ditentukan oleh besarnya pengisian muatan C, yang mana nilai jangka waktunya dihitung dengan Persamaan 2.8.



Gambar 2.10 (a) Rangkaian *power on reset* (b) Rangkaian ekivalen *power on reset*
 Sumber: Atmel, 1997: 2-63

Dalam rangkaian ekivalen seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.10 (b) maka didapat

$$Vo(s) = \frac{R}{R + \frac{1}{Cs}} \cdot Vi(s) = \frac{RCs}{RCs + 1} \cdot Vi(s) \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan tegangan V_i adalah tegangan V_{cc} yaitu 5V, dalam fungsi Laplace adalah $5/s$, sehingga;

$$Vo = \frac{RCs}{RCs + 1} \cdot \frac{5}{s} = \frac{RC}{RCs + 1} \cdot 5 = 5 \cdot \left(\frac{1}{s + \frac{1}{RC}} \right)$$

$$Vo = 5 \cdot e^{-\left(\frac{t}{RC}\right)} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\frac{5}{Vo(t)} = e^{\frac{t}{RC}}$$

$$\ln\left(\frac{5}{Vo}\right) = \frac{t}{RC}$$

maka

$$t = R \cdot C \cdot \left(\ln \frac{5}{Vo} \right), \quad \text{atau;} \quad t = R \cdot C \cdot \frac{\left(\log \frac{5}{Vo} \right)}{\log e} \dots\dots\dots (2.8)$$

dengan nilai V_o adalah tegangan logika nominal yang diijinkan oleh pin RST (Atmel, 1997: 4-37), dimana

$$V_o = 0,7 \times V_{cc} = 0,7 \times 5 \text{ volt} = 3,5 \text{ volt.}$$

maka

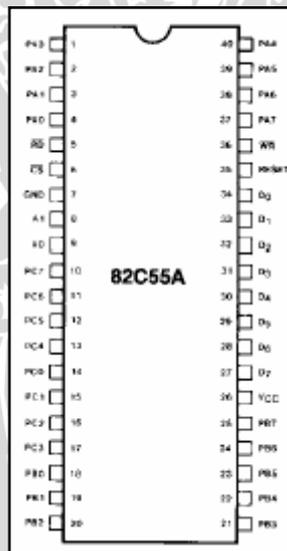
$$t = R \cdot C \cdot \frac{\left(\log \frac{5}{3,5}\right)}{\log e}, \text{ sehingga}$$

$$t = 0,357 \cdot R \cdot C \dots\dots\dots (2.9)$$

Untuk memastikan keabsahan *reset*, logika tinggi harus ditahan lebih dari 2 siklus mesin (24 periode osilator).

2.5 PPI 8255

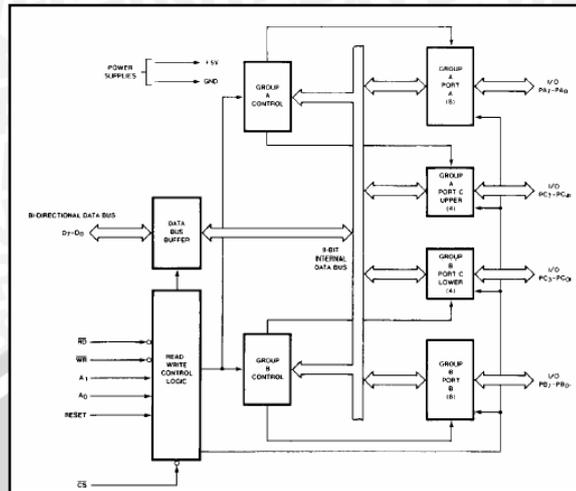
PPI (Programmable Pheriperal Interfacing) merupakan peripheral yang dapat diprogram serta secara luas untuk antarmuka input/output. PPI jenis 8255 ini sengaja diproduksi oleh Intel secara masal untuk keperluan industri. Fitur yang ditawarkan antara lain 24 programmable port I/O, 3 mode pengoperasian, arus DC untuk seluruh I/O sebesar 2,5 mA, daya konsumsi rendah, kompatibel dengan TTL. Gambar 2.11 merupakan konfigurasi pin dari PPI Intel 82C55A.



Gambar 2.11. Konfigurasi Pin PPI 8255
(Sumber: Intel, PPI 82C55A, Datasheet, October 1995)

Gambar 2.12 merupakan blok diagram dari PPI 8255 yang terdiri dari read write control logic, data bus buffer, group A control, group B control, Port A, Port B, Port C upper dan Port C lower.





Gambar 2.12. Blok Diagram PPI 8255

(Sumber: Intel, PPI 82C55A, Datasheet, October 1995)

2.5.1 Mode Pengoperasian

PPI 8255 memiliki 3 mode pengoperasian antara lain :

1. Mode 0 : Basic Input/Output
2. Mode 1 : Strobed Input/Output
3. Mode 2 : Bi-directional Bus

2.5.1.1 Mode 0

Pada mode ini port-port pada PPI digunakan sebagai input atau output. Mode merupakan mode yang paling sederhana. Tidak diperlukannya sinyal *hanshaking* untuk pembacaan atau penulisan data dari port yang telah ditentukan. Menurut datasheet dari Intel 82C55 mode 0 memiliki 16 konfigurasi input/output yang berbeda. (Sumber: Intel, PPI 82C55A, Datasheet, October 1995:7)

2.5.1.2 Mode 1

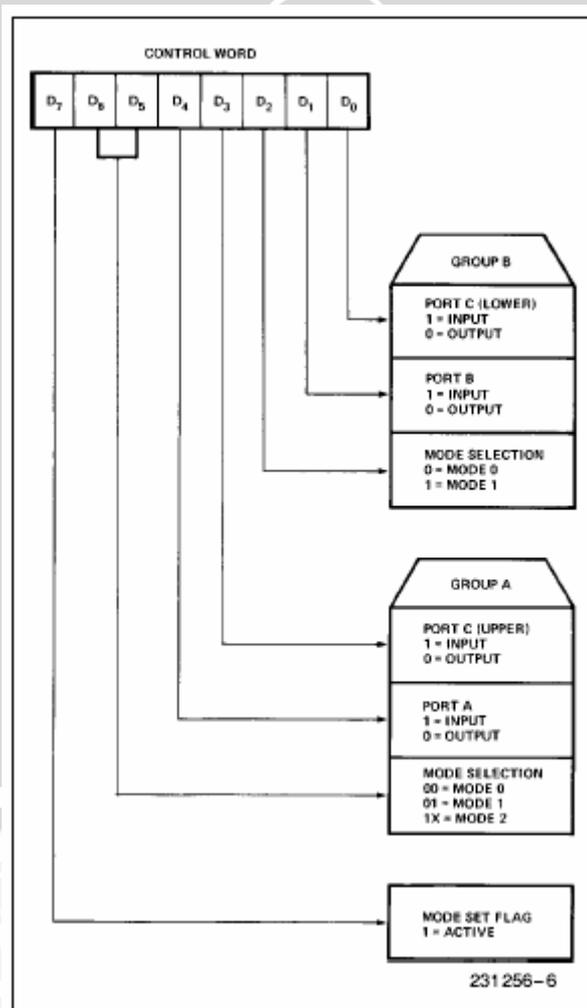
Pada mode ini transfer data dari atau ke port didukung dengan sinyal *hashaking* atau *strobe*. Sehingga penggunaan port untuk input/output selalu dikontrol oleh singal *strobe*. Jalur data yang bisa digunakan yaitu pada Port A dan B. Sedangkan untuk port C digunakan sebagai pembangkit atau penerima sinyal *hanshaking*. (Sumber: Intel, PPI 82C55A, Datasheet, October 1995:10)

2.5.1.3 Mode 2

Transfer data pada mode dilakukan secara dua arah (*bidirectional*). Pada mode ini data selalu dikontrol oleh sinyal strobe. Penggunaan mode ini juga disediakan fungsi *interrupt*. Port yang dapat diakses sebagai jalur data adalah port A saja. Sedangkan port C sebagai sinyal kontrol dan port B tidak bisa bekerja pada mode ini. (Sumber: Intel, PPI 82C55A, Datasheet, October 1995:13).

2.5.2 Control word

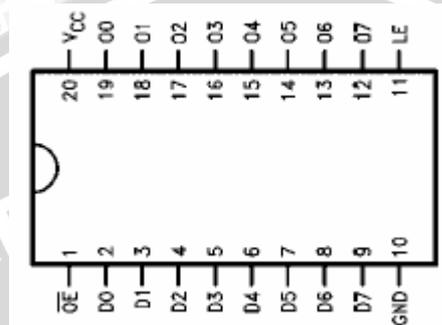
Konfigurasi input/ouput, pemilihan mode pengoperasian serta pengaturan aktif tidaknya dari PPI ini dikontrol melalui suatu register yang disebut sebagai *control word*. Sebelum transfer data dari atau ke port dilakukan maka *control word* ini harus diinisialisasi terlebih dahulu secara perangkat lunak. Gambar 2.13 merupakan delapan bit dari *control word* PPI 82C55A.



Gambar 2.13. Diagram *Control Word* PPI Intel 82C55A
(Sumber: Intel, PPI 82C55A, Datasheet, October 1995:5)

2.6 Penahan Alamat

Rangkaian penahan alamat berguna untuk memisahkan antara jalur data dengan alamat. Sehingga apabila terdapat perintah untuk mengirimkan data maka alamat tetap tertahan pada perangkat ini. 74LS573 salah satu jenis IC TTL untuk keperluan penahan alamat delapan bit. Gambar 2.14 merupakan susunan pin dari IC tersebut.



Gambar 2.14 Susunan Pin dari 74LS573

(Sumber: Fairchild Semiconductor, Datasheet, SN74LS573)

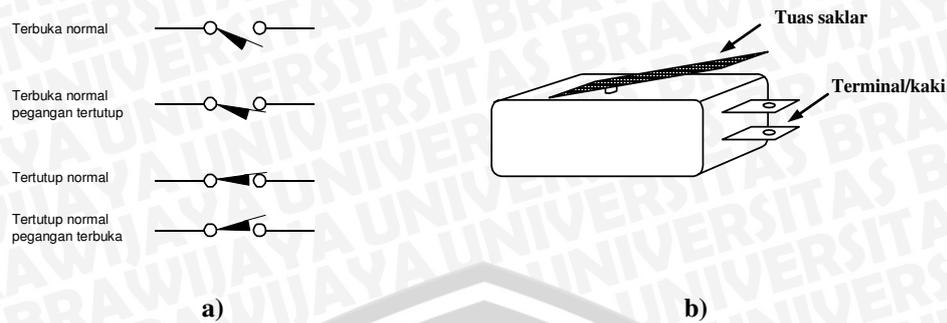
Dari Gambar 2.14 terdapat pin $D_0 - D_7$ yang berfungsi sebagai input, pin $O_0 - O_7$ berfungsi sebagai output. Proses masuk serta keluarnya data dikendalikan oleh sinyal kontrol LE (*Latch Enable*) serta OE (*Output Enable*).

2.7 Sensor

Sensor adalah jenis *transducer* yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan atau arus listrik (Petruzella, 2001:157).

2.7.1 Saklar limit (*Limit Switch*)

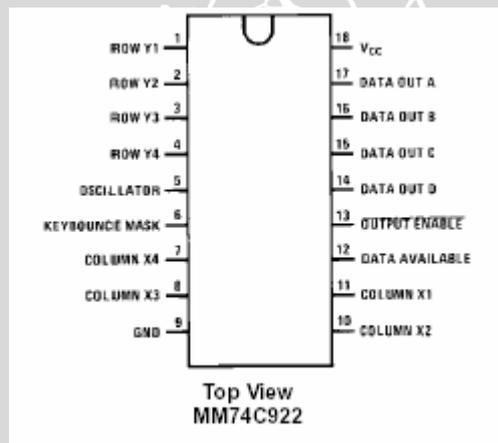
Saklar limit merupakan saklar yang dioperasikan secara mekanis dan dikontrol secara otomatis yaitu tekanan. Saklar limit dirancang hanya untuk beroperasi apabila batas yang sudah ditentukan sebelumnya sudah tercapai (Petruzella, 2001: 152).



Gambar 2.15 a) Simbol *limit switch*; b) Saklar *limit switch*
(Sumber: Petruzella, 2001:152)

2.7.1.1 Encoder Limit switch

Perangkat ini berguna untuk membaca data dari *limit switch* atau *keypad* kemudian dikeluarkan melalui pin data out. Data yang keluar melalui pin data out berupa data biner. IC MM74C922 merupakan *encoder limit switch (keypad)* matrik dengan ukuran 4x4.



Gambar 2.16 Konfigurasi pin MM74C922
(Sumber: Fairchild Semiconductor, October 1987:1)

Dalam Gambar 2.16 pin 1 – 4 untuk baris *limit switch (keypad)* 1 – 4, pin 11,10,8,7 untuk kolom *limit switch (keypad)* 1 – 4, pin 14 – 17 untuk keluaran data. Pin osilator dan *keybonce mask* dihubungkan dengan kapasitor. Nilai dari kapasitor tersebut ditentukan sebagai berikut:

$$C_{keybonce\ mask} = 10 \times C_{osilator} \dots\dots\dots (2.10)$$

Persamaan 2.10 diambil dari datasheet *encoder keypad* MM74C922.

Untuk mengetahui fungsi logika dari data keluaran *limit switch (keypad)* Table 2.2 merupakan tabel kebenaran dari MM74C922.

Tabel 2.2 Tabel kebenaran *encoder limit switch (keypad)* MM74C922

(Pins 0 through 11)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Switch	Position	Y1, X1	Y1, X2	Y1, X3	Y1, X4	Y2, X1	Y2, X2	Y2, X3	Y2, X4	Y3, X1	Y3, X2	Y3, X3	Y3, X4
D	A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
T	B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
A	C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
O	D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
U	E (Note 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T													

(Pins 12 through 19)		12	13	14	15	16	17	18	19
Switch	Position	Y4, X1	Y4, X2	Y4, X3	Y4, X4	Y5 (Note 1), X1	Y5 (Note 1), X2	Y5 (Note 1), X3	Y5 (Note 1), X4
D	A	0	1	0	1	0	1	0	1
T	B	0	0	1	1	0	0	1	1
A	C	1	1	1	1	0	0	0	0
O	D	1	1	1	1	0	0	0	0
U	E (Note 1)	0	0	0	0	1	1	1	1
T									

Note 1: Omit for MM74C922

Sumber: Fairchild Semiconductor, October 1987:2

2.7.2 Saklar tombol tekan (*Push button*)

Saklar tombol tekan (*Push button*) adalah bentuk yang paling umum dari pengendali manual yang dijumpai di industri. Tombol tekan NO (*Normally Open*) menyambung rangkaian atau menghubungkan rangkaian ketika tombol ditekan dan kembali pada posisi terbuka ketika tombol dilepas (Petruzella, 2001: 147).

Tombol tekan NC (*Normally Closed*) membuka rangkaian apabila tombol ditekan dan kembali pada posisi menutup ketika tombol dilepaskan. Tombol tekan yang membuat lepas digunakan untuk pengendali *interlocking*. Pada bagian ini bagian atas adalah NC sedangkan bagian bawah adalah NO. Ketika tombol ditekan kontak bagian bawah tertutup sesudah kontak bagian atas membuka. Apabila anda mempunyai lebih dari satu tombol tekan pada enklasur bersama, maka enklasur itu disebut station tombol tekan. Tombol tekan terdiri dari satu atau lebih blok kontak, alat operator dan pelat keterangan (Petruzella, 2001: 148).

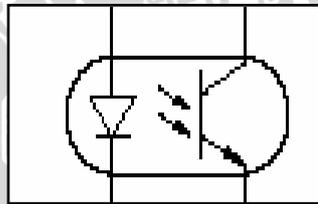
2.8 Optocoupler

Optocoupler adalah alat yang digunakan untuk mengkopel cahaya dari suatu sumber ke detektor tanpa adanya perantara. Oleh karena itu piranti ini sering disebut dengan optoisolator / optocoupler. Sinyal listrik (arus) pada input diubah menjadi sinyal optik dengan menggunakan sumber cahaya (biasanya LED). Sinyal optik tersebut akan diterima oleh detektor untuk kemudian diubah kembali menjadi sinyal listrik.

Umumnya optocoupler digunakan untuk mengisolasi sinyal listrik yang ada pada input dan output sehingga dapat digunakan transmisi sinyal antar rangkaian. Optocoupler memiliki sebuah LED yang dihubungkan dengan masukan dan sebuah transistor yang dihubungkan dengan keluaran.

Prinsip kerja dari optocoupler adalah sebagai berikut :

- ☑ Jika antar transistor dan LED terhalang oleh suatu benda maka transistor akan off sehingga output dari kolektor akan berlogika high.
- ☑ Sebaliknya jika antara transistor dan LED tidak terhalang oleh suatu benda maka transistor akan on sehingga outputnya akan berlogika low.



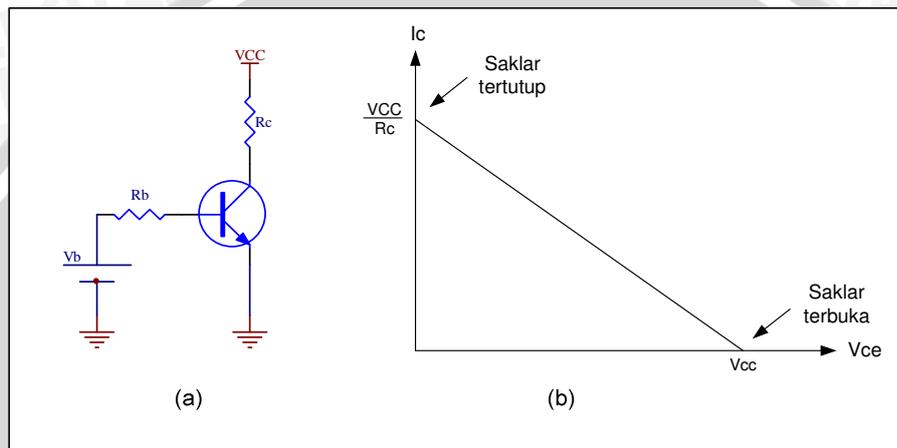
Gambar 2.17 Simbol Optocoupler

(Sumber : <http://www.sharp.co.jp/e-device>)

Ketika suatu benda memotong cahaya yang dipancarkan oleh LED, sehingga akan mengalir arus yang melewati resistor output. karena tegangan output sama dengan tegangan suplai dikurangi tegangan yang melewati resistor. Sehingga ketika masukan berubah, intensitas cahaya berubah maka tegangan pada keluaran juga berubah.

2.9 Transistor Sebagai Saklar

Penggunaan transistor sebagai saklar adalah dengan mengoperasikan transistor tersebut pada daerah saturasi atau *cut off*. Jika transistor berada pada titik saturasi maka transistor tersebut seperti saklar tertutup dari kolektor ke emitor. Jika transistor pada daerah *cut off* maka akan seperti sebuah saklar terbuka. Transistor yang difungsikan sebagai saklar diperlihatkan dalam Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Transistor sebagai saklar

(a) Rangkaian; (b) Garis beban DC (Sumber: Malvino, 1992 : 27)

Pada rangkaian tersebut merupakan penjumlahan tegangan disekitar *loop* masukan sehingga diperoleh persamaan:

$$I_b \times R_b + V_{be} - V_b = 0 \dots\dots\dots (2.11)$$

Sehingga dengan persamaan tersebut didapat persamaan untuk mengetahui besar arus pada kutup basis (I_b). Maka persamaan untuk arus basis dalam rangkaian transistor sebagai saklar adalah:

$$I_b = \left(\frac{V_b - V_{be}}{R_b} \right) \dots\dots\dots (2.12)$$

Dalam Gambar 2.18 (b) jika arus basis lebih besar dari pada $I_b(\text{sat})$, maka titik kerja transistor berada pada ujung atas garis beban (daerah saturasi). Dalam hal ini transistor seperti sebuah saklar tertutup antara kolektor dan emitornya. Sebaliknya jika arus basis nol, transistor akan bekerja pada ujung bawah dari garis beban dan transistor seperti saklar terbuka antara kolektor dan emitornya.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam memanfaatkan transistor adalah besarnya daerah saturasi pada transistor tersebut (besarnya arus basis untuk mengaktifkan transistor tersebut). Apabila beban yang digunakan adalah beban induktif (*relay*), diperlukan dioda yang dipasang sejajar dengan beban. Dioda ini akan menghubungkan singkat tegangan induksi yang terjadi pada saat saklar akan mati (Wasito, 1994 : 93). Untuk mengaktifkan *relay* diperlukan *trigger* pada terminal basis. Arus *trigger* dari basis dapat diperoleh dengan persamaan (2.14).

$$I_{relay\ jenuh} = V_{cc}/\text{Hambatan } relay \dots\dots\dots (2.13)$$

$$I_B = I_{relay}/h_{FE} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$h_{FE} = I_C/I_B \dots\dots\dots (2.15)$$

$$R_B = (V_B - V_{BE})/I_B \dots\dots\dots (2.16)$$

$$R_C = V_{CC}/I_C \dots\dots\dots (2.17)$$

$$I_C = I_B \cdot h_{FE} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

I_B = Arus basis (Ampere)

I_C = Arus kolektor (Ampere) = I_{relay}

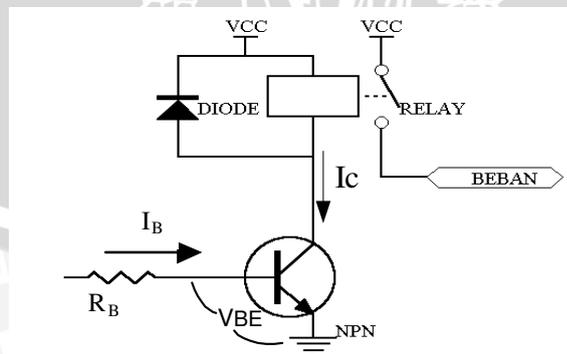
h_{FE} = *forward current transfer ratio* atau penguatan transistor

V_{BE} = Tegangan antara basis dan emitor (Volt)

V_B = Tegangan yang dimasukkan ke basis (Volt)

R_B = Hambatan pada basis (Ohm)

R_C = Hambatan pada kolektor (Ohm)



Gambar 2.19 Saklar Transistor Beban Induktif (*relay*)

(Sumber: Wasito S, 1994 : 93)

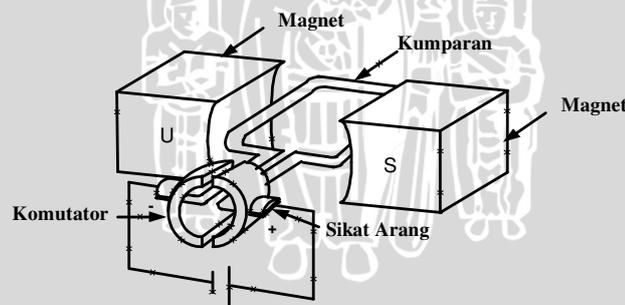


Berdasarkan Gambar 2.19, apabila ada arus yang masuk ke basis (sebesar I_{Bsat}) maka akan ada arus kolektor yang mengalir dari V_{CC} menuju ke emitor dengan melewati *relay* sehingga *relay* aktif dan menghubungkan V_{CC} ke beban. Jika basis tidak mendapatkan masukan arus maka transistor tidak aktif (kondisi *cutoff*) sehingga tidak ada arus kolektor yang mengalir dari V_{CC} ke beban yang menyebabkan relay tidak bekerja.

2.10 Motor DC

Dalam sistem motor DC arus medan magnet menentukan arus putaran motor. Motor DC mempunyai magnet permanen dan memberikan medan magnet yang tetap. Armatur yang terdiri atas kumparan terlilit pada inti besi berputar dalam medan magnet dan dirangkai dengan komutator. Arus yang lewat melalui komutator diambil dari sikat. Untuk mengubah arah putaran motor dapat dilakukan dengan menukar kutub-kutub catu daya DC.

Gambar 2.20 memperlihatkan bentuk dasar motor DC dua kutub yang terdiri dari kumparan berbentuk segi empat yang dialiri arus dan dua komutator yang terpasang pada poros yang terisolasi, sehingga menyebabkan kumparan berputar diantara kutub-kutub magnetnya (Joelianto, 1997 : 33).



Gambar 2.20 Bentuk Dasar Motor DC

(Sumber: Joelianto, 1997 : 33)

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini akan diuraikan metodologi kajian yang akan dilakukan dalam perancangan prototipe robot humanoid berbasis AT89C51, metodologi yang digunakan secara umum meliputi pengumpulan data berupa studi literatur, percobaan dan eksperimen, menentukan spesifikasi dan kemampuan alat yang direncanakan, perancangan alat yang meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak, pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), pengujian alat dan analisa hasil pengujian, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah proses mencari ide rancangan, mencari teori dasar dari berbagai sumber pustaka dan teori penunjang perancangan proyek, serta membandingkan ide rancangan dengan survei di lapangan.

3.2 Percobaan dan Eksperimen

Untuk melakukan percobaan diperlukan dasar teori dan peralatan praktek sesuai dengan kebutuhan. Eksperimen dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan untuk membuat disain rancangan melalui praktek langsung menggunakan komponen elektronika dan peralatan pengujian dan pengukuran, serta melalui simulasi program simulator SIM51 dan program simulator UMPS (*Universal Microprocessor Program Simulator*).

3.3 Spesifikasi dan Kemampuan alat

Prototipe Robot Humanoid Berbasis Mikrokontroler AT89C51 (*Prototype The Humanoid Robot Using Microcontroller AT89C51*) direncanakan memiliki kemampuan untuk mengambil barang dari tempatnya kemudian dilanjutkan memegang atau menangkap barang dan mengangkatnya dilanjutkan dengan lengan berputar untuk meletakkan barang pada *box* di tempat yang lain.

Spesifikasi alat yang direncanakan:

1. Alat yang direncanakan dapat mengangkat barang dan mengisinya kedalam *box*.
2. Piranti yang direncanakan menggunakan mikrokontroler AT89C51 yang dilengkapi dengan sensor *Limit switch* dan Tombol *Push button*.
3. Pengontrolan dilakukan oleh seorang operator dengan sebuah *remote control* yang memberikan input pada mikrokontroler AT89C51 yang sudah diprogram, sehingga mikrokontroler AT89C51 dapat melakukan pengendalian sesuai dengan diagram alir dari program.
4. Gerakan alat meliputi: gerak lengan turun ke bawah mengambil barang dan meletakkan barang, gerakan lengan naik ke atas dan gerakan berputar ke kanan dan ke kiri.
5. Gerakan kepala mengikuti kearah lengan yang bergerak

3.4 Perancangan Alat

Adapun hal-hal yang dilakukan dalam perencanaan alat yaitu pembuatan mekanik prototipe robot humanoid, penyusunan blok diagram perencanaan untuk mempermudah pemahaman mengenai alur kerja alat yang akan dibuat serta pembuatan skema rangkaian. Pemilihan komponen perangkat keras berdasarkan dalam komponen yang umum dan mudah didapatkan dipasaran lokal, sedangkan untuk perancangan perangkat lunak dimulai dengan membuat diagram alir. Perangkat lunak ini difungsikan untuk mengatur keseluruhan sistem yang terdiri atas beberapa perangkat keras sehingga sistem ini dapat bekerja dengan baik.

3.5 Perakitan Komponen Elektronika

Dalam pembuatan alat dilakukan sesuai dengan perencanaan. Adapun tahap pembuatan alat dimulai dengan pembuatan unit rangkaian per blok pada PCB. Selanjutnya tiap blok rangkaian dilakukan pengujian awal. Kemudian dilakukan penggabungan tiap blok menjadi suatu blok rangkaian sesuai dengan perencanaan. Sebagai tahap terakhir dari pembuatan alat adalah perakitan komponen elektronika pada PCB yang telah jadi. Untuk pemasangan komponen diawali dengan memasang komponen pasif seperti resistor, *socket IC*. Kemudian

dilanjutkan dengan pemasangan komponen aktif seperti Transistor dan IC. Setelah pemasangan komponen tiap blok selesai, dilakukan penggabungan antara blok rangkaian PCB.

Pembuatan perangkat lunak dilakukan dengan mengimplementasikan alur program yang telah direncanakan, penulisan program dalam bahasa *Assembler* dan dilanjutkan dengan pengkonversian dalam bahasa mesin.

3.6 Pengujian Alat

Setelah komponen dipasang ke PCB dan perangkat lunak untuk mendukung sistem selesai dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa alat. Metode pengujian alat adalah sebagai berikut:

1. Menguji sistem secara blok.
2. Menggabungkan sistem dalam beberapa blok menjadi keseluruhan system
3. Mengadakan pengujian rangkaian secara keseluruhan
4. Mengevaluasi hasil pengujian keseluruhan sistem.

3.7 Pengambilan Kesimpulan

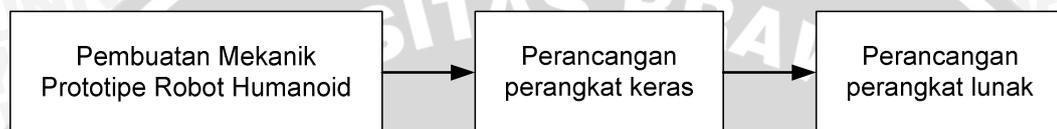
Kesimpulan diambil dari hasil analisa pengujian alat dan keseluruhan sistem dibandingkan dengan perencanaan.

BAB IV

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini berisi penjelasan mengenai diagram perencanaan pembuatan alat, blok rangkaian dan penjelasan cara kerja rangkaian, serta penjelasan tentang perencanaan perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*).

Alur yang dilakukan dalam pembuatan prototipe robot humanoid berbasis AT89C51 seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Blok Diagram Perencanaan

Dalam Gambar 4.1, proses pembuatan prototipe robot humanoid terlebih dahulu dilakukan pembuatan mekanik kemudian perancangan perangkat keras dan dilanjutkan perancangan perangkat lunak. Dalam pembuatan mekanik secara garis besar adalah meliputi tahap-tahap pembuatan sistem mekanik prototipe robot humanoid. Pada perancangan perangkat keras secara garis besar adalah meliputi sistem sensor yang dipakai dalam membaca masukan, sistem pengendali dan driver motor yang digunakan. Sedangkan perancangan akhir adalah perancangan perangkat lunak yang digunakan.

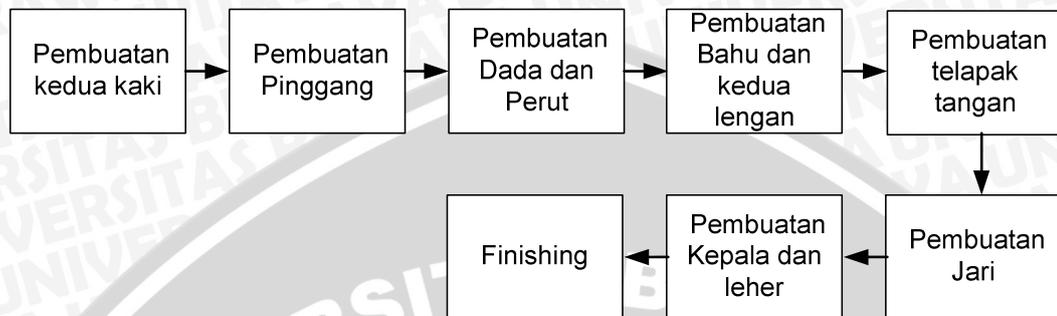
4.1 Pembuatan Mekanik

Pembuatan mekanik prototipe robot humanoid digunakan bahan alumunium yang ringan dengan beberapa bentuk *profil* alumunium yaitu *profil* L, *profil* kotak, dan *profil* silinder dengan tebal 1mm. Bahan alumunium digunakan karena bahannya ringan dan cukup kuat untuk memenuhi perencanaan alat.

Tujuan utama dalam pembuatan mekanik secara keseluruhan adalah membuat prototipe robot humanoid dengan bentuk sesuai dengan struktur bentuk manusia, yaitu bagian Kepala, bahu, lengan, telapak tangan, jari tangan, pinggang, dan kaki robot.

4.1.1 Tahap-tahap Pembuatan Mekanik

Blok Diagram tahap-tahap pembuatan mekanik ditunjukkan dalam Gambar 4.2 berikut.



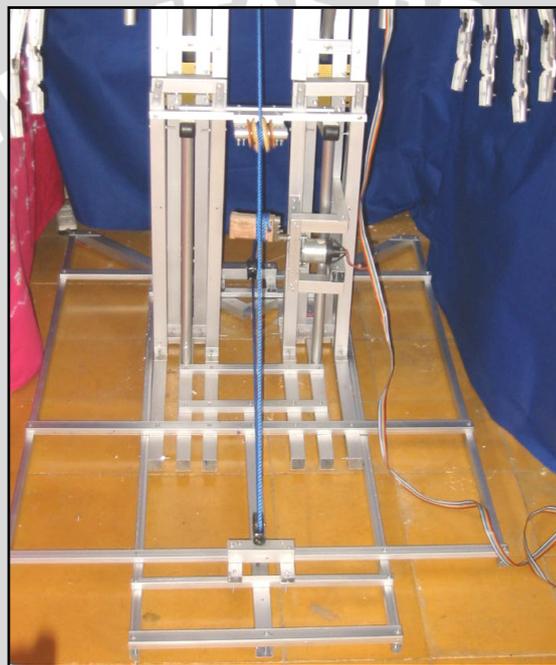
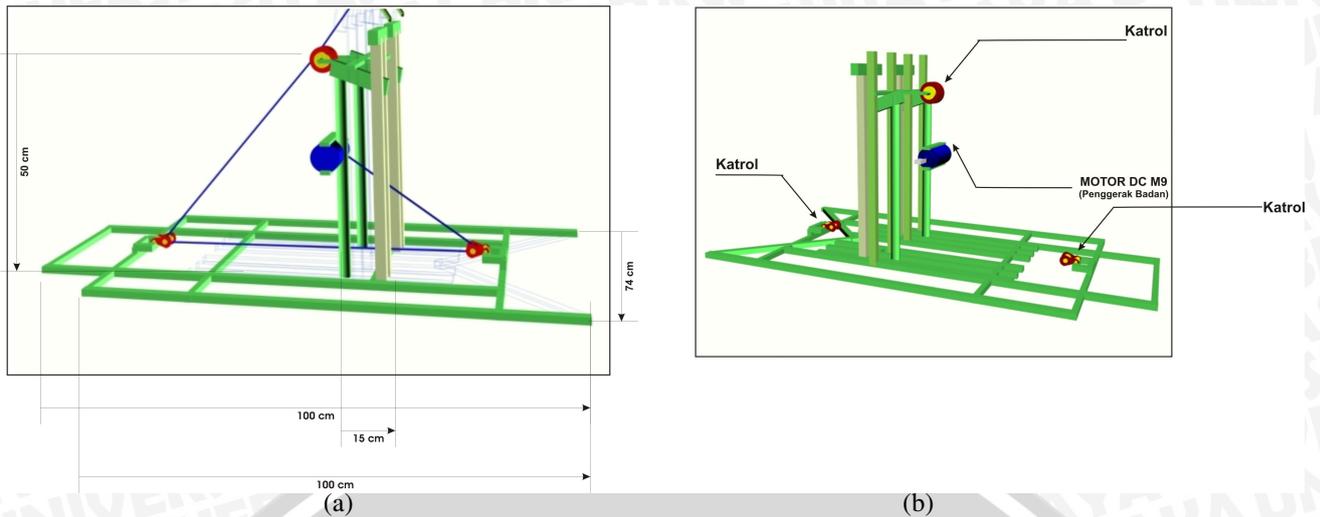
Gambar 4.2 Blok Diagram Tahap-tahap pembuatan mekanik.

Dalam Gambar 4.2 tahap-tahap pembuatan mekanik prototipe robot humanoid diawali dengan pembuatan kedua kaki, hal ini karena prototipe robot dibuat dalam posisi berdiri. Dengan diawali pembuatan kedua kaki diharapkan kedua kaki sebagai pondasi dasar utama sehingga prototipe robot dapat berdiri dengan kokoh dan dapat menopang semua beban yang dipakai dalam prototipe robot humanoid.

4.1.1.1 Pembuatan Kedua Kaki

Pembuatan kedua kaki adalah tahap awal pembuatan prototipe robot humanoid karena kedua kaki adalah faktor utama dalam kekuatan robot untuk menopang seluruh beban yang dipakai prototipe robot humanoid dan yang menentukan apakah prototipe robot dapat berdiri dengan kokoh dan kuat dalam menopang semua beban yang ada.

Mekanik kedua kaki ditunjukkan dalam Gambar 4.3 berikut.

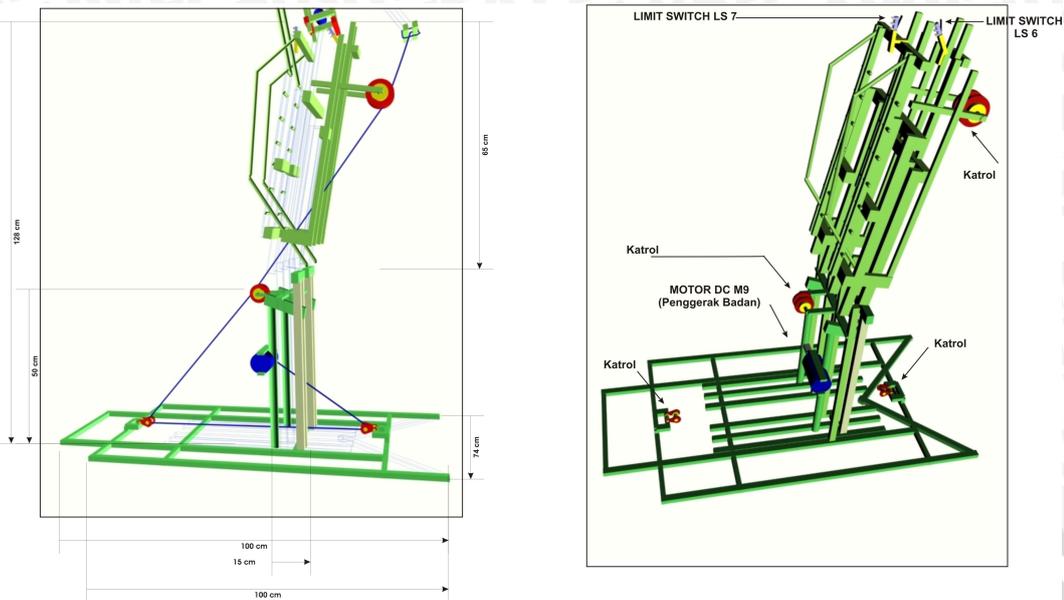


Gambar 4.3 a) Ukuran Mekanik Bagian Kaki; b) Pemasangan Motor dan Katrol
c) Prototipe mekanik bagian kaki

Dalam Gambar 4.3(b), pemasangan Motor DC M9 berfungsi untuk menggerakkan bagian mekanik badan robot sehingga prototipe robot humanoid dapat berdiri dengan tegak. Pemasangan katrol sebagai media yang digunakan tali penarik untuk menghubungkan bagian mekanik badan robot dengan Motor DC M9.

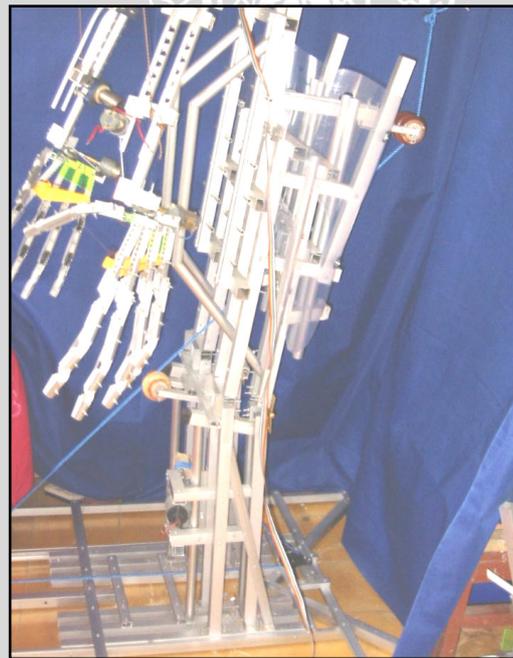
4.1.1.2 Pembuatan Pinggang

Pembuatan pinggang adalah tahap setelah mekanik bagian kaki dibuat. Seperti halnya tubuh manusia, bagian pinggang untuk menghubungkan antara tubuh dengan kaki. Mekanik pinggang ditunjukkan dalam Gambar 4.4 berikut.



a)

b)



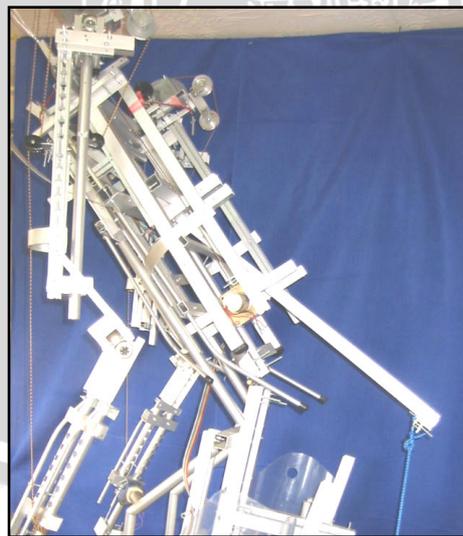
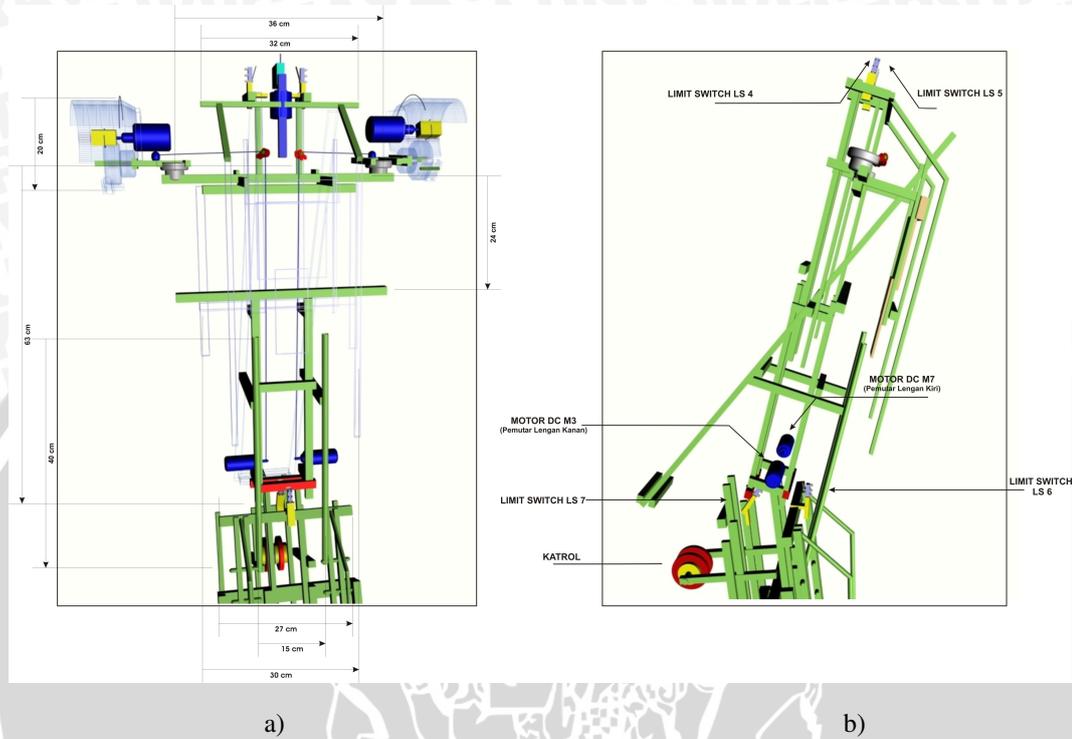
c)

Gambar 4.4 a) Ukuran Mekanik Bagian pinggang; b) Pemasangan Motor dan Katrol
c) Prototipe mekanik bagian pinggang

Dalam Gambar 4.4(b), pemasangan *limit switch* LS8 dan LS9 berfungsi untuk membatasi pergerakan badan robot. Pemasangan katrol sebagai media yang digunakan tali penarik untuk menghubungkan bagian mekanik badan robot dengan Motor DC M9.

4.1.1.3 Pembuatan Dada dan Perut.

Pembuatan dada dan perut adalah tahap setelah pembuatan kaki dan pinggang dilakukan. Mekanik dada dan perut ditunjukkan dalam Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 a) Ukuran Mekanik Bagian dada dan perut; b) Pemasangan Motor DC M3&M7, Katrol; c) Prototipe mekanik bagian dada dan perut

Tahap pembuatan dada dan perut akan menentukan seberapa besar prototipe robot yang akan dibuat, seperti halnya tubuh manusia ukuran mekanik dada dan perut harus berukuran lebih lebar.

Dalam Gambar 4.5(b), pemasangan Motor DC M3 dan M7 berfungsi untuk memutar bagian mekanik lengan robot sehingga lengan dapat berputar untuk mengambil barang. Pemasangan katrol sebagai media yang digunakan tali penarik untuk menghubungkan bagian mekanik badan robot dengan Motor DC M9. Pemasangan *limit switch* LS5 dan LS7 berfungsi untuk membatasi putaran bagian leher robot.

4.1.1.4 Pembuatan Lengan Kanan dan Lengan kiri

- **Perancangan Mekanik Lengan Kanan dan Lengan Kiri**

Sebelum dilakukan pembuatan kedua lengan, maka diperlukan perancangan mekanik lengan terlebih dahulu untuk menentukan besaran torsi motor yang digunakan. Sehingga lengan kiri dan kanan mampu mengangkat barang sesuai dengan berat yang diinginkan.

Dalam perancangan mekanik lengan kanan dan lengan kiri bertujuan untuk mengubah system gerak putar motor baik motor lengan kanan maupun lengan kiri menjadi sebuah gerak robot. Dimana sebuah kondisi arah putar motor digunakan sebagai arah gerak maju, sedangkan kondisi putar sebaliknya digunakan sebagai arah gerak mundur yakni dengan membalik polaritas tegangan suplynya.

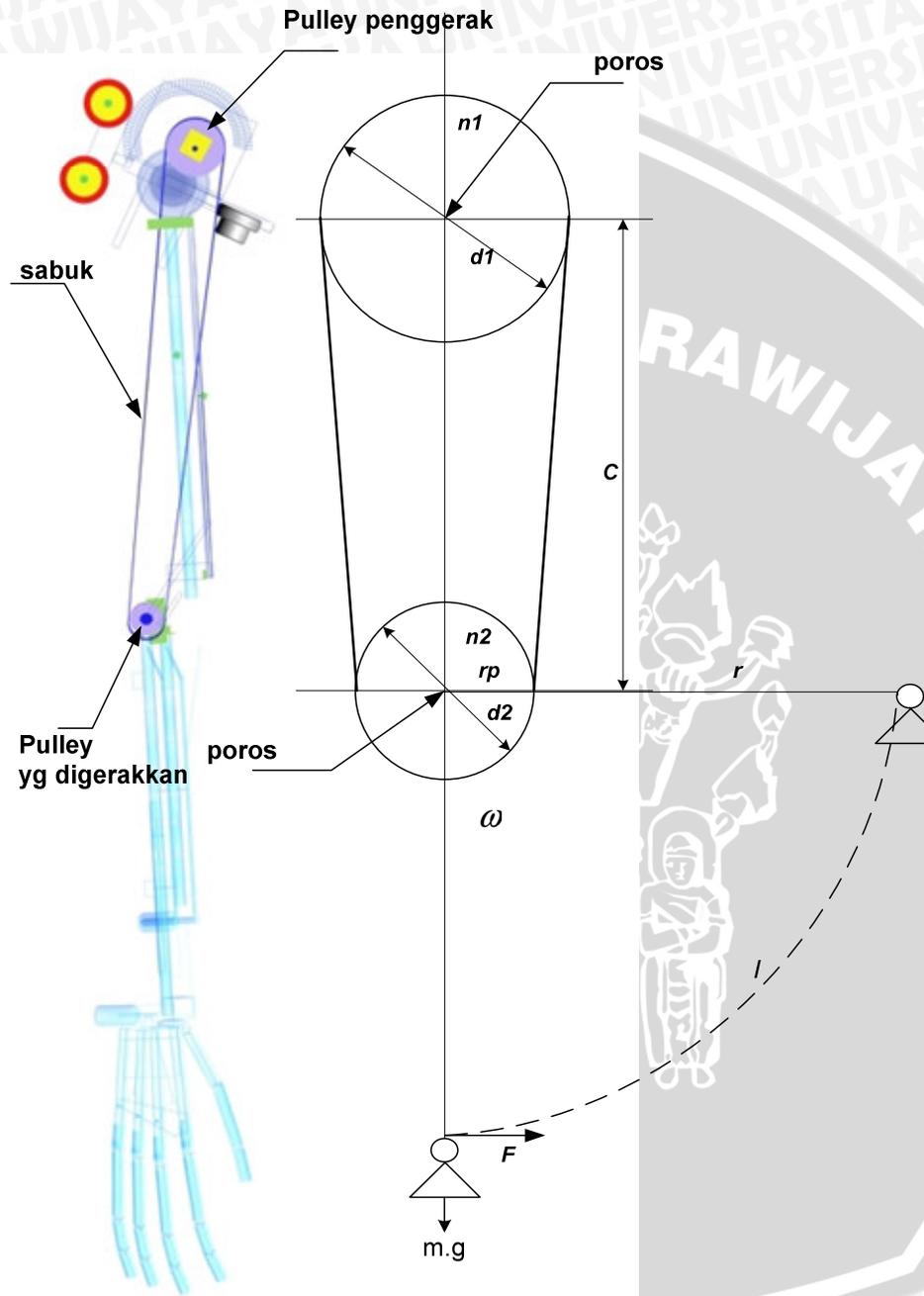
Untuk menghasilkan putaran motor yang kemudian dapat memutar roda diperlukan sebuah motor DC yang mempunyai gearbox didalamnya yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan dan memperkuat torsi. Dalam konstruksi mekanis kecepatan motor juga diperkecil dengan transmisi menggunakan sabuk (tali/rantai), dengan perhitungan sebagai berikut.

Berat benda yang dapat diangkat oleh lengan kanan dan lengan kiri direncanakan mampu mengangkat barang = 1kg, maka perhitungannya sebagai berikut.

Diketahui:

- Berat barang yang dapat diangkat oleh kedua lengan direncanakan : 1kg
- $g : 9,8 \text{ m/s}^2$

- $r : 0,6$ meter
- $r_p : 0,03$ meter



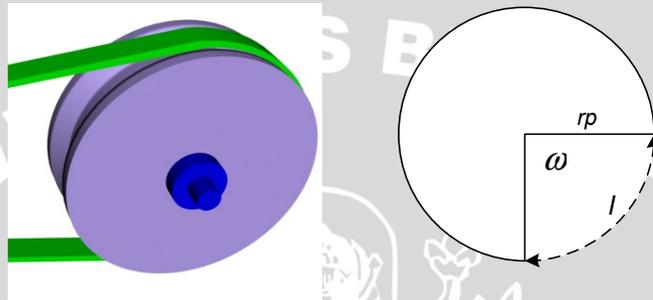
Gambar 4.6 Mekanik Lengan Kanan dan Lengan Kiri
(Sumber : Perancangan)

- Kecepatan sudut yg direncanakan :

$$\omega = \frac{90^\circ}{2 \text{ det ik}}$$

sehingga keliling pulley P2 adalah :

$$\begin{aligned} \text{keliling } (l) &= \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{360/90} \\ l &= \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{4} \\ &= 0,5 \cdot \pi \cdot r_p \\ &= 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,03 \\ &= 0,0471 \end{aligned}$$



Gambar 4.7 Pulley P2
(Sumber : Perancangan)

- Kecepatan linier pergerakan lengan robot adalah :

$$\begin{aligned} V \text{ linier} &= \frac{l}{\det ik} \\ &= \frac{0,5 \cdot \pi \cdot r}{\det ik} \\ &= \frac{0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,6}{\det ik} \\ &= 0,942 \text{ meter/detik} \end{aligned}$$

- Sudut rata-rata pergerakan lengan :

$$\omega = \frac{90^\circ}{2 \det ik} = \frac{45^\circ}{\det ik} \Rightarrow \frac{45^\circ}{57,3^\circ} = 0,78 \frac{\text{radian}}{\det ik}$$

sehingga sudut rata-rata ($\theta_{\text{rata-rata}}$) yang terjadi dapat diperoleh dengan :

$$\begin{aligned} \theta &= \int \omega dt \\ &= \int 0,78 \frac{\text{radian}}{\det ik} dt \\ &= 0,78 \text{ radian} \end{aligned}$$

$$1 \text{ radian} = 57,3^\circ$$

$$\frac{1 \text{ radian}}{0,78 \text{ radian}} = \frac{57,3^\circ}{x} \Rightarrow \text{maka } x = 44,694^\circ$$

$$0,78 \text{ radian} = 44,694^\circ$$

- Besaran torsi maksimum untuk $\omega = \frac{90^\circ}{2 \text{ detik}}$, maka

$$\tau = F \cdot r \cdot \sin 90^\circ$$

$$F = m \times g = 1 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ N}$$

Sehingga torsi pulley (P2) adalah :

$$\begin{aligned} \tau &= F \cdot r \cdot \sin \theta \\ &= 9,8 \cdot 0,6 \cdot \sin 90^\circ \\ &= 5,88 \text{ kg m}^2 / \text{s}^2 \end{aligned}$$

- Untuk mendapatkan torsi untuk motor (Pulley 1 (P1)) maka diperoleh dengan perbandingan torsi antar kedua pulley, yaitu P1 dan P2 dan perhitungannya adalah sebagai berikut.

Diketahui :

$$\tau_1 = 5,88 \text{ kg m}^2 / \text{s}^2$$

$$d_1 = 0,06 \text{ meter}$$

$$d_2 = 0,08 \text{ meter}$$

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

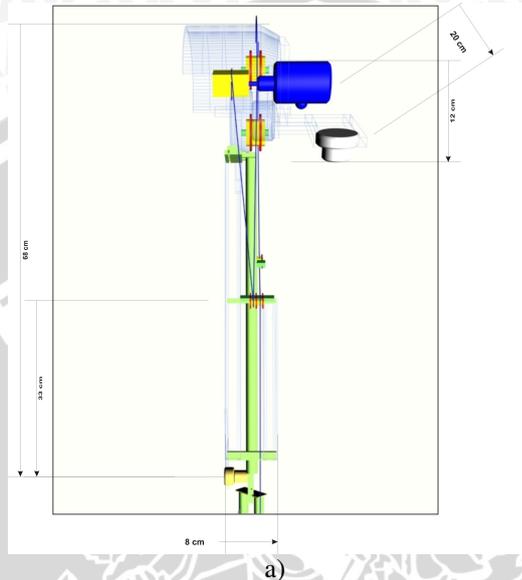
$$\frac{5,88}{\tau_2} = \frac{0,06}{0,08}$$

$$\tau_2 = \frac{5,88 \times 0,08}{0,06} = 7,84 \text{ kg m}^2 / \text{s}^2$$

Dari hasil perhitungan diatas, untuk mengangkat benda 1 kg dibutuhkan torsi maksimum motor sebesar $7,84 \text{ kg m}^2 / \text{s}^2$

- **Pembuatan bahu dan kedua lengan kiri dan kanan**

Pembuatan bahu dan kedua lengan kiri dan kanan adalah tahap setelah perancangan mekanik lengan. Bertujuan agar kedua lengan robot dapat berputar dan mengangkat barang yang diambil. Mekanik bahu dan kedua lengan ditunjukkan dalam Gambar 4.8 berikut.

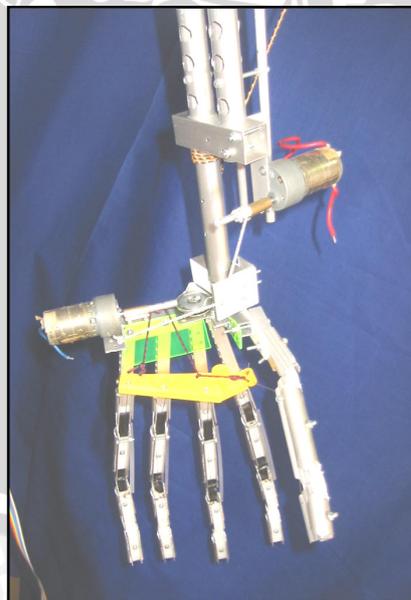
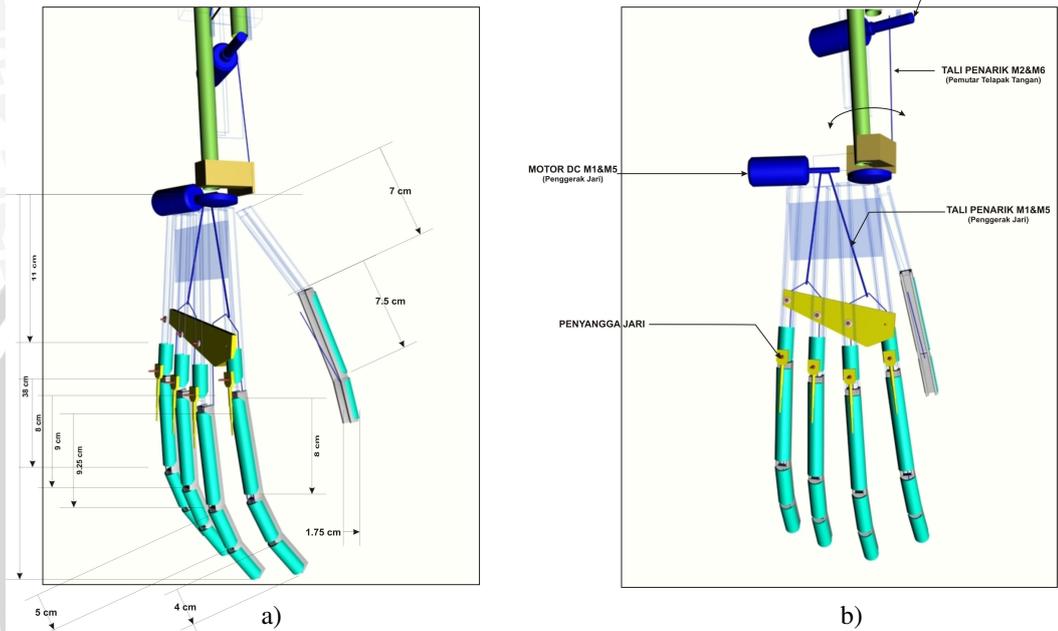


Gambar 4.8 a) Ukuran Mekanik bahu dan lengan; b) Prototipe meaknik bahu dan lengan

4.1.1.5 Pembuatan Telapak tangan dan Jari.

Pembuatan telapak tangan dan jari adalah tahap yang sangat penting karena tujuan dari pembuatan prototipe robot humanoid agar dapat menggenggam barang dan memindah barang pada tempatnya. Mekanik jari yang dibuat dalam prototipe ini hanya untuk gerakan mengambil barang dan melepaskan barang, Semua jari robot akan bergerak secara bersama-sama.

Mekanik telapak tangan dan jari ditunjukkan dalam Gambar 4.9. Dalam Gambar 4.9(b), pemasangan Motor DC M1 dan M2 (untuk jari kanan) dan Motor DC M5 dan M6 (untuk jari kiri) berfungsi untuk menggerakkan bagian mekanik tangan robot sehingga telapak tangan dapat berputar dan jari dapat melakukan gerakan pengambilan dan pelepasan barang. Penyangga jari berfungsi untuk menahan beban yang dipegang oleh tangan robot dan pengaman jari robot.

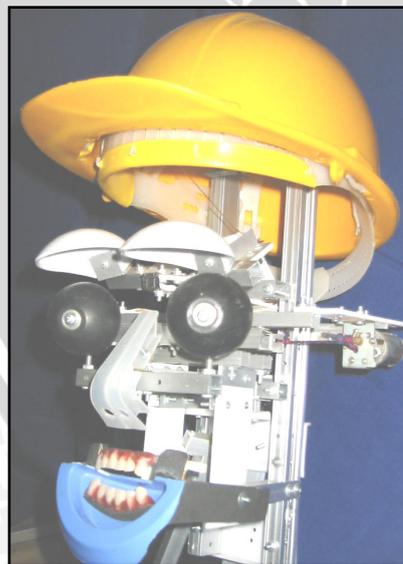
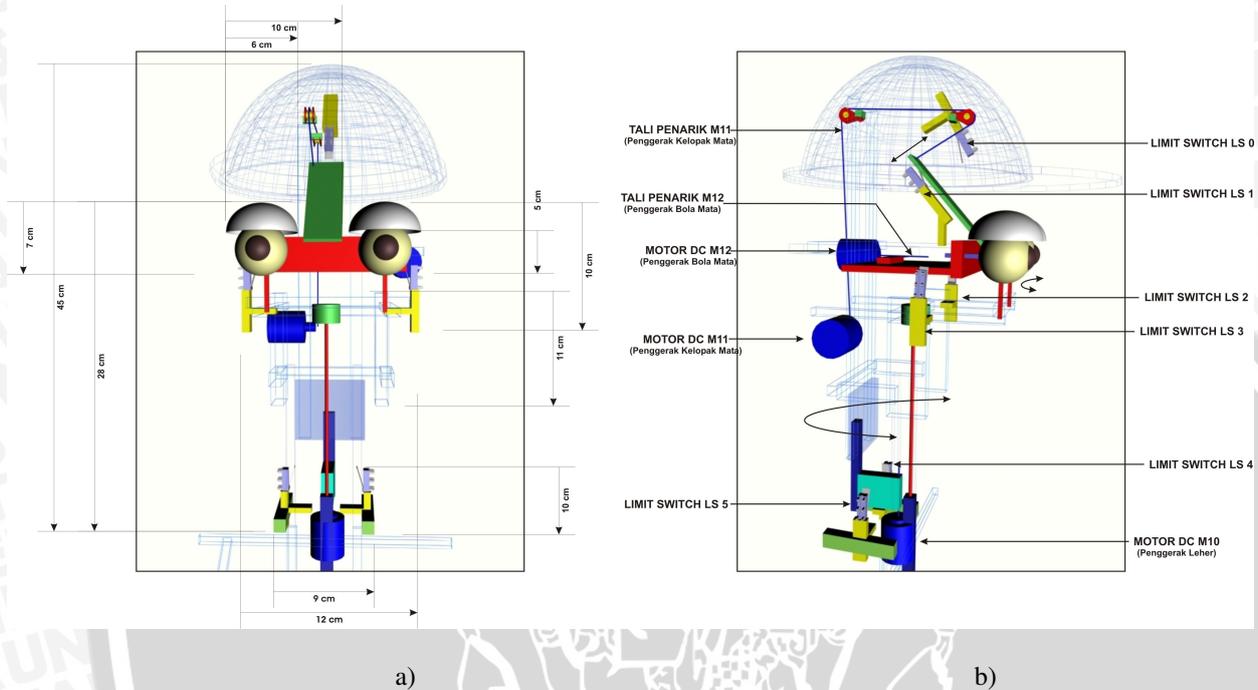


c)

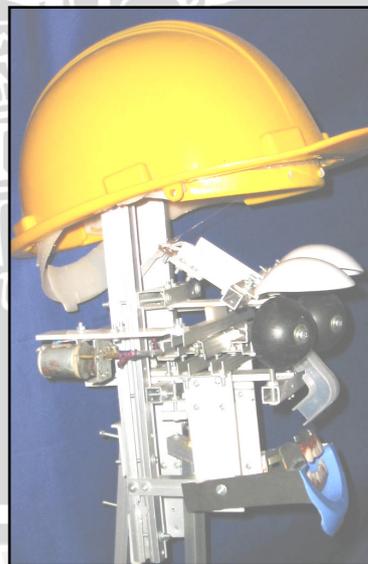
Gambar 4.9 a) Ukuran Mekanik telapak dan jari; b) Pemasangan Motor DC M1&M2, Penyangga jari; c) Prototipe mekanik telapak dan jari

4.1.1.6 Pembuatan Kepala dan Leher.

Pembuatan kepala dan leher adalah tahap yang menentukan ketinggian maksimal prototipe robot dan yang menentukan kemampuan kaki dalam menahan semua beban yang digunakan. Mekanik kepala dan leher ditunjukkan dalam Gambar 4.10 berikut.



c)



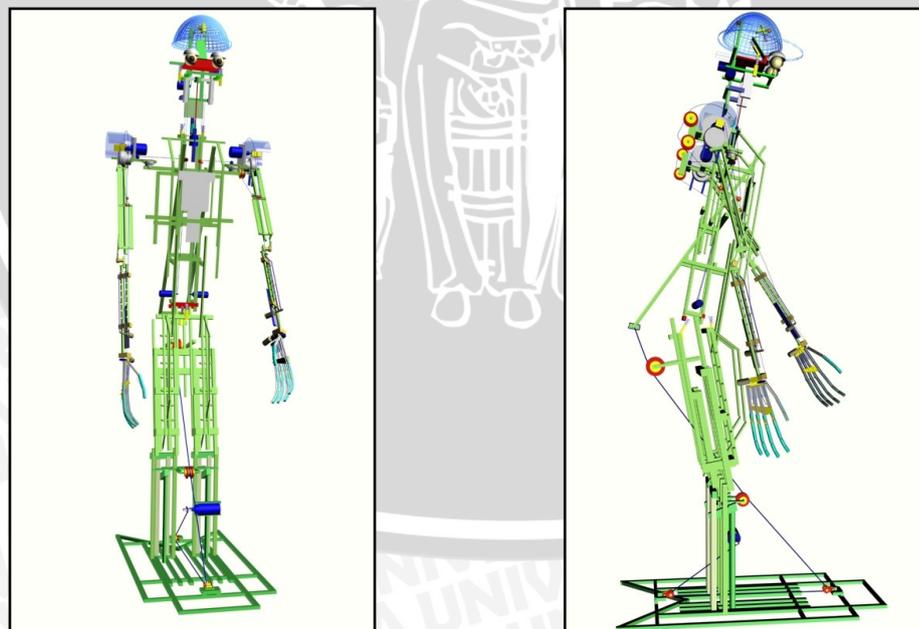
d)

Gambar 4.10 a) Ukuran mekanik kepala; b) Pemasangan Motor DC M10,M11,M12, *limit switch* LS0,LS1,LS2,LS3,LS4, dan LS5. c) dan d) Prototipe mekanik kepala

Dalam Gambar 4.10(b), pemasangan Motor DC M10,M11 dan M12 berfungsi untuk menggerakkan bagian mekanik kepala robot. Motor DC M10 berfungsi untuk memutar bagian leher. Motor DC M11 berfungsi untuk menggerakkan kelopak mata sehingga mata dapat berkedip layaknya manusia. M12 berfungsi untuk memutar bola mata yang arahnya sesuai dengan gerakan lengan. Semua motor DC dikendalikan secara otomatis oleh Mikrokontroler AT89C51. Pemasangan *limit switch* LS0,LS1,LS2,LS3 sebagai pembatas pergerakan dari mekanik kepala. LS0 berfungsi untuk membatasi gerakan membuka dan menutupnya kelopak mata. LS1 berfungsi untuk membatasi putaran bola mata sehingga bola mata dapat menoleh ke kiri dan ke kanan. LS2 dan LS3 berfungsi untuk membatasi putaran bagian leher.

4.1.1.7 Proses *Finishing*.

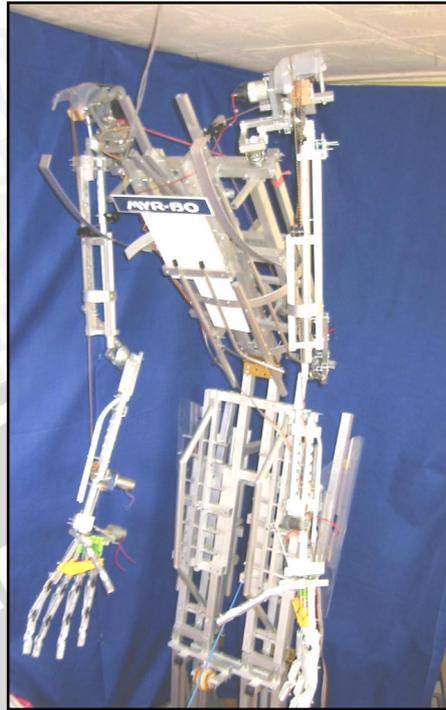
Proses *finishing* adalah tahap terakhir dari pembuatan mekanik. Pada tahap ini dilakukan pemasangan tali untuk menghubungkan antara motor DC dengan bagian mekanik, pengecekan kembali bagian-bagian yang telah terpasang dengan cara memberikan tegangan pada tiap-tiap motor DC. Hasil akhir dari Proses *finishing* ditunjukkan dalam Gambar 4.11 & 4.12 berikut.



a)

b)

Gambar 4.11 a)Tampilan depan;b)Tampilan samping



Gambar 4.12 Prototipe Robot Humanoid

4.2 Perancangan Perangkat Keras.

Perancangan perangkat keras yang direncanakan meliputi : spesifikasi alat, pembuatan blok diagram keseluruhan dan prinsip kerja, pembuatan skema seluruh rangkaian yang direncanakan, penghitungan nilai komponen yang digunakan

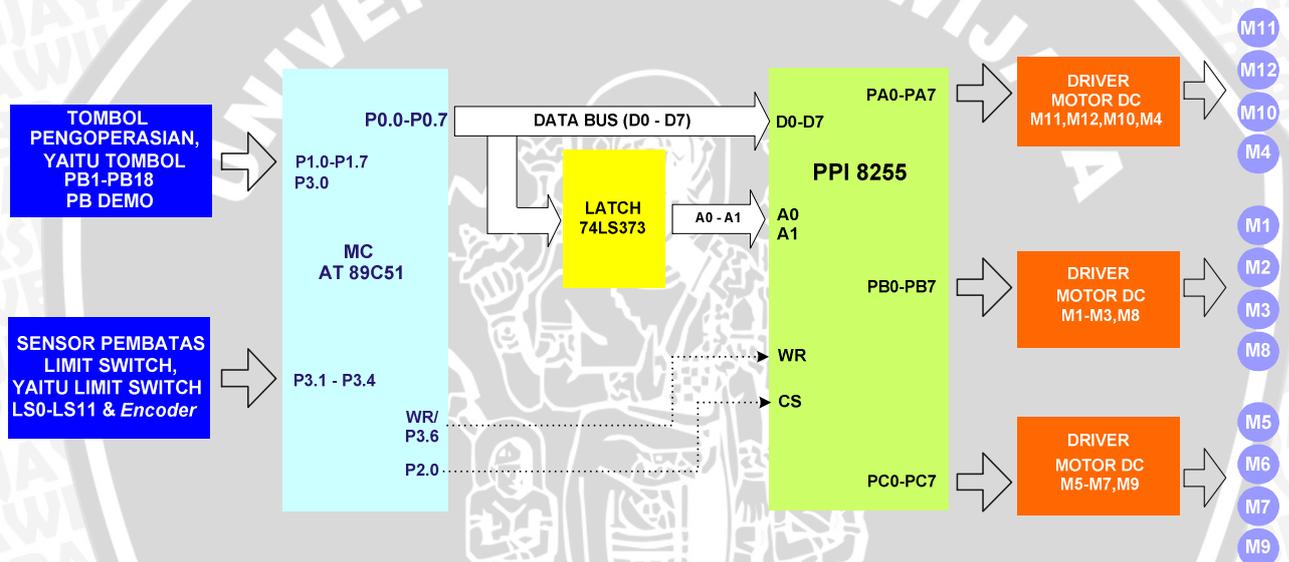
4.2.1 Spesifikasi alat

Spesifikasi alat yang direncanakan:

1. Alat yang direncanakan dapat mengangkat barang dan mengisinya kedalam *box*.
2. Piranti yang direncanakan menggunakan mikrokontroler AT89C51 yang dilengkapi dengan sensor *Limit switch* dan Tombol *Push button*.
3. Pengontrolan dilakukan oleh seorang operator dengan sebuah *remote control* yang memberikan input pada mikrokontroler AT89C51 yang sudah diprogram, sehingga mikrokontroler AT89C51 dapat melakukan pengendalian sesuai dengan diagram alir dari program.

4. Gerakan alat meliputi: gerak lengan turun ke bawah mengambil barang dan meletakkan barang, gerakan lengan naik ke atas dan gerakan berputar ke kanan dan ke kiri.
5. Gerakan kepala mengikuti kearah lengan yang bergerak
6. Gerakan Demo alat meliputi: gerakan lengan kanan mengambil barang dan meletakkan barang pada tempatnya dengan diikuti gerakan kepala.
7. Motor yang digunakan adalah jenis motor DC dengan masukan tegangan 12 volt.

4.2.2 Blok Diagram Alat Keseluruhan



Gambar 4.13 Blok diagram Prototipe Robot Humanoid Berbasis AT89C51.

Penjelasan tiap blok untuk Gambar 4.13 adalah sebagai berikut:

- *Limit switch* adalah sensor (saklar pembatas) untuk mendeteksi pergerakan mekanik prototipe robot, jika gerakan mekanik melebihi batas maksimum gerakannya, maka *limit switch* akan hidup dan memberikan masukan ke MCU AT89C51 untuk menghidupkan atau mematikan motor.

Limit switch meliputi:

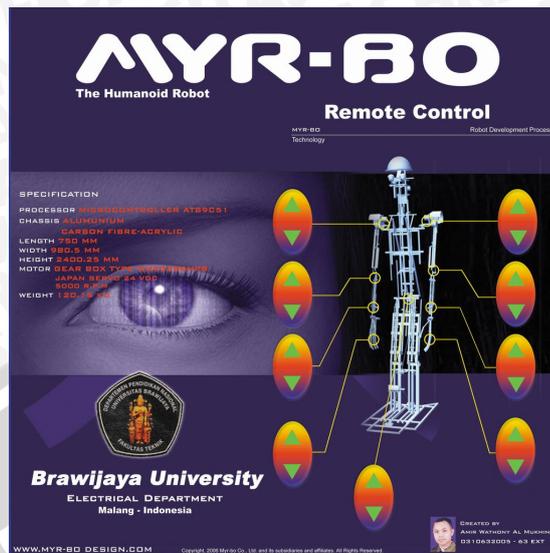
- LS0 (*Limit switch 1*) sebagai sensor (saklar pembatas) untuk mematikan motor M11, motor M11 digunakan untuk menggerakkan kedipan kelopak mata

- LS1 (*Limit switch 1*) sebagai sensor (saklar pembatas) untuk mematikan motor M12, motor M12 digunakan untuk memutar bola mata.
 - LS2 (*Limit switch 2*) sebagai sensor (saklar pembatas) untuk mematikan motor M10, motor M10 digunakan untuk memutar mekanik bagian leher.
 - LS3 (*Limit switch 3*) sebagai sensor (saklar pembatas) untuk mematikan motor M10 pada saat leher menghadap ke depan.
 - LS4 (*Limit switch 4*) sebagai sensor (saklar pembatas berdiri) untuk mematikan motor M9 pada saat M9 menarik tali penarik badan robot sehingga badan robot naik (berdiri), motor M12 digunakan untuk penggerak badan robot.
 - LS5 (*Limit switch 5*) sebagai sensor (saklar pembatas merunduk) untuk mematikan motor M9 pada saat M9 melepas tali penarik badan robot sehingga badan robot turun (merunduk), motor M9 digunakan untuk penggerak badan robot.
 - LS6 (*Limit switch 6*) sebagai sensor (saklar pembatas gerakan naik lengan kanan) untuk operasi demo alat. Digunakan untuk mematikan dan menghidupkan motor M4.
 - LS7 (*Limit switch 7*) sebagai sensor (saklar pembatas gerakan turun lengan kanan) untuk operasi demo alat. Digunakan untuk mematikan dan menghidupkan motor M4.
 - LS8 (*Limit switch 8*) sebagai sensor (saklar pembatas gerakan putar kanan lengan kanan) untuk operasi demo alat. Digunakan untuk mematikan dan menghidupkan motor M3.
 - LS9 (*Limit switch 9*) sebagai sensor (saklar pembatas gerakan putar kiri lengan kanan) untuk operasi demo alat. Digunakan untuk mematikan dan menghidupkan motor M3.
 - LS10 (*Limit switch 10*) sebagai sensor (saklar pembatas gerakan jari kanan) untuk operasi demo alat. Digunakan untuk mematikan dan menghidupkan motor M1.
- Tombol *push button*
Tombol *push button* berfungsi sebagai sensor masukan *remote control* untuk operasi robot humanoid. Seorang operator dapat memberikan instruksi

gerakan robot ke unit pengontrol Mikrokontroler AT89C51 dengan menekan tombol-tombol *push button*. Gambar 4.13 merupakan papan tombol untuk operasi robot humanoid, tombol *push button* meliputi:

- PB Demo digunakan untuk operasi demo alat berupa gerakan lengan kanan dan lengan kiri naik dan turun dan gerakan kelopak mata, putaran bola mata beserta putaran leher prototipe robot.
- PB1 tombol *push button* 1 (tombol *up*) digunakan untuk menggerakkan motor M1 (Motor jari kanan) ke atas. Saat PB1 ditekan, jari kanan akan menutup (menggenggam).
- PB2 tombol *push button* 2 (tombol *down*) digunakan untuk menggerakkan motor M1 (Motor jari kanan) ke bawah. Saat PB2 ditekan, jari kanan akan membuka (melepaskan).
- PB3 tombol *push button* 3 (tombol *up*) digunakan untuk menggerakkan motor M2 (Motor pemutar telapak tangan kanan) ke atas. Saat PB3 ditekan, telapak tangan kanan akan berputar keatas.
- PB4 tombol *push button* 4 (tombol *down*) digunakan untuk menggerakkan motor M2 (Motor pemutar telapak tangan kanan) ke bawah. Saat PB4 ditekan, telapak tangan kanan akan berputar ke bawah.
- PB5 tombol *push button* 5 (tombol *up*) digunakan untuk menggerakkan motor M3 (Motor pemutar lengan kanan) ke atas. Saat PB5 ditekan, lengan kanan akan berputar ke kanan sehingga lengan kanan dapat menjangkau daerah samping kanan.
- PB6 tombol *push button* 6 (tombol *down*) digunakan untuk menggerakkan motor M3 (Motor pemutar lengan kanan) ke bawah. Saat PB6 ditekan, lengan kanan akan berputar ke kiri sehingga lengan kanan dapat menjangkau daerah depan (kanan) badan robot humanoid.
- PB7 tombol *push button* 7 (tombol *up*) digunakan untuk menggerakkan motor M4 (Motor lengan kanan) ke atas. Saat PB7 ditekan, lengan kanan akan bergerak ke atas.
- PB8 tombol *push button* 8 (tombol *down*) digunakan untuk menggerakkan motor M4 (Motor lengan kanan) ke bawah. Saat PB8 ditekan, lengan kanan akan bergerak ke bawah.

- PB9 tombol *push button* 9 (tombol *up*) digunakan untuk menggerakkan motor M5 (Motor jari kiri) ke atas. Saat PB9 ditekan, jari kiri akan menutup (menggenggam).
- PB10 tombol *push button* 10 (tombol *down*) digunakan untuk menggerakkan motor M5 (Motor jari kiri) ke bawah. Saat PB10 ditekan, jari kiri akan membuka (melepaskan).
- PB11 tombol *push button* 11 (tombol *up*) digunakan untuk menggerakkan motor M6 (Motor pemutar telapak tangan kiri) ke atas. Saat PB11 ditekan, telapak tangan kiri akan berputar keatas.
- PB12 tombol *push button* 12 (tombol *down*) digunakan untuk menggerakkan motor M6 (Motor pemutar telapak tangan kiri) ke bawah. Saat PB12 ditekan, telapak tangan kiri akan berputar ke bawah.
- PB13 tombol *push button* 13 (tombol *up*) digunakan untuk menggerakkan motor M7 (Motor pemutar lengan kiri) ke atas. Saat PB13 ditekan, lengan kiri akan berputar ke kiri sehingga lengan kiri dapat menjangkau daerah samping kiri.
- PB14 tombol *push button* 14 (tombol *down*) digunakan untuk menggerakkan motor M7 (Motor pemutar lengan kiri) ke bawah. Saat PB14 ditekan, lengan kiri akan berputar ke kanan sehingga lengan kiri dapat menjangkau daerah depan (kiri) badan robot humanoid.
- PB15 tombol *push button* 15 (tombol *up*) digunakan untuk menggerakkan motor M8 (Motor lengan kiri) ke atas. Saat PB15 ditekan, lengan kiri akan bergerak ke atas.
- PB16 tombol *push button* 16 (tombol *down*) digunakan untuk menggerakkan motor M8 (Motor lengan kiri) ke bawah. Saat PB16 ditekan, lengan kiri akan bergerak ke bawah.
- PB17 tombol *push button* 17 (tombol *up*) digunakan untuk menggerakkan motor M9 (Motor penggerak badan) ke atas. Saat PB17 ditekan, badan robot akan naik (berdiri).
- PB18 tombol *push button* 18 (tombol *down*) digunakan untuk menggerakkan motor M9 (Motor penggerak badan) ke bawah. Saat PB18 ditekan, badan robot akan turun (merunduk).



Gambar 4.14 Papan Tombol Remote Control

- Mikrokontroler AT89C51 sebagai kontrol untuk mengatur masukan-masukan dari sensor dan mengatur motor yang akan dioperasikan meliputi: motor bagian mana yang digerakkan dan mengatur arah putaran motor.
- Penahan alamat 74LS573, merupakan perangkat yang digunakan untuk memisahkan jalur data dengan jalur alamat.
- PPI digunakan untuk mengeluarkan data ke masing-masing driver motor atas pengendalian dari Mikrokontroler AT89C51.
- *Optocoupler* digunakan untuk memisahkan antara rangkaian MCU dan PPI dengan rangkaian driver motor, bertujuan untuk mengamankan MCU dan PPI agar terhindar dari *bouncing* motor.
- *Driver* motor digunakan sebagai *driver* motor pada masing-masing bagian motor meliputi: *driver* untuk motor pada jari (motor M1&M5), *driver* untuk motor pemutar telapak tangan (motor M2&M6), *driver* untuk pemutar lengan (motor M3&M7), *driver* untuk penggerak lengan (motor M4&M8), *driver* untuk penggerak badan robot (motor M9), *driver* untuk pemutar bagian leher (motor M10), *driver* untuk penggerak kelopak mata (motor M11) dan *driver* untuk pemutar bola mata (motor M12).
- *Motor* (M1-M12) merupakan alat penggerak mekanik yang digunakan untuk menggerakkan bagian-bagian alat, meliputi: jari-jari, lengan, badan, dan kepala robot humanoid.

4.2.2.1 Prinsip Kerja Alat

Pengontrolan dilakukan oleh seorang operator dengan sebuah *remote control* yang memberikan input pada mikrokontroler AT89C51 yang sudah diprogram, sehingga mikrokontroler AT89C51 dapat melakukan pengendalian sesuai dengan diagram alir dari program.

Jika tombol Demo ditekan, maka prototipe robot humanoid akan bekerja dengan otomatis, gerakannya meliputi: gerakan lengan kanan mengambil barang dan meletakkan barang pada tempatnya. Untuk keluar dari operasi demo alat, maka tombol demo harus ditekan kembali.

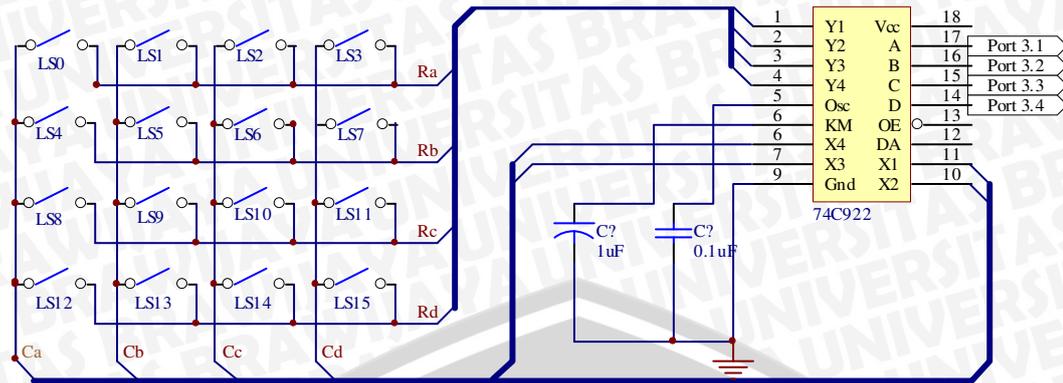
Dalam Gambar 4.13, setiap tombol PB (*push button*) dan LS (*limit switch*) akan memberikan instruksi kepada unit pengendali mikrokontroler AT89C51 untuk menghidupkan motor dan menjalankan mekanik robot humanoid.

Tombol PB ada dua: Tombol PB *UP* untuk memberikan perintah gerakan mekanik ke kanan atau naik. Tombol PB *Down* untuk memberikan perintah gerakan mekanik ke kiri atau turun. *Limit Switch* atau LS sebagai saklar pembatas (sensor pembatas) untuk mematikan motor apabila mekanik robot sudah melewati batas maksimum gerakan. *Limit Switch* LS banyak dipakai pada bagian kepala, karena bagian kepala bekerja dengan otomatis dan tidak dikontrol dengan *remote control*.

4.2.3 Perancangan Sensor

4.2.3.1 Saklar Batas (*Limit switch*)

Limit switch pada rangkaian berfungsi memberikan *input* kepada rangkaian kontrol mikrokontroler AT89C51. *Limit switch* adalah sensor (saklar pembatas) untuk mendeteksi pergerakan mekanik prototipe robot, jika gerakan mekanik melebihi batas maksimum gerakannya, maka *limit switch* akan hidup dan memberikan masukan ke MCU AT89C51 untuk menghidupkan atau mematikan motor.



Gambar 4.15 (a)Rangkaian *Limit switch* dan *encoder* Prototipe Robot Humanoid.

Sumber: Perancangan

Gambar 4.15 adalah rangkaian *limit switch*, *limit switch* yang digunakan ada 16 buah . *limit switch* dipasang dengan urutan baris dan kolom (4 baris dan 4 kolom).

4.2.3.1.1 Encoder Limit switch

Gambar 4.15 *limit switch* dihubungkan ke encoder 74C922. Pengambilan data serta proses scanning dari limit switch menggunakan perantara IC MM74C922. Keluaran dari perangkat ini berupa data biner 4 bit. Pin A,B,C, dan D merupakan data output dari perangkat ini yang kemudian dimasukkan kedalam port 3.1 – port 3.4 AT89C51. Data yang telah diterima oleh mikrokontroler akan diolah sesuai dengan yang dikehendaki. Dalam Gambar 4.14 merupakan rangkaian dari *encoder limit switch* dengan ukuran 4x4. Pin Y₁ – Y₄ merupakan konfigurasi baris dari *limit switch*. Sedangkan X₁ – X₄ merupakan konfigurasi kolom dari *limit switch*.

Nilai C₁ dan C₂ dapat ditentukan sesuai dengan persamaan 2.5. Dimana C₁ sebagai kapasitor untuk *keybouncemask*, sedangkan C₂ sebagai kapasitor osilator untuk proses *scanning limit switch*.

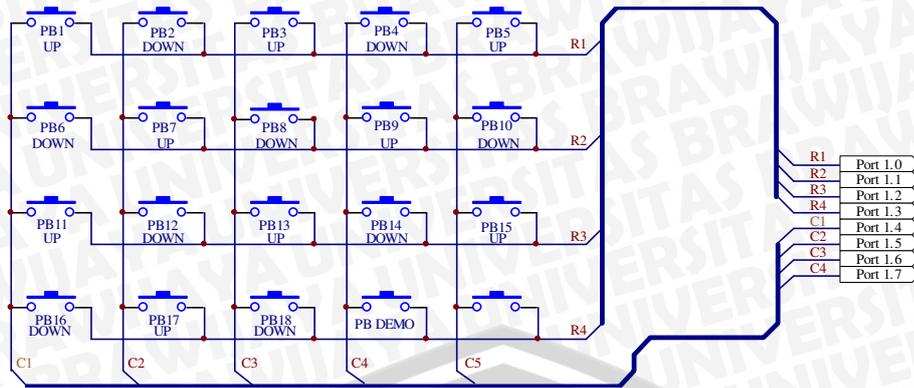
$$C_1 = 10 \times 0.1 \mu\text{F}$$

$$C_1 = 1\mu\text{F}$$

Dalam perancangan C₂ diambil nilai 0.1 μF . Hal ini dikarenakan sesuai ketentuan dari *datasheet* MM74C922 nilai yang diijinkan antara 0.01 μF – 10 μF .

4.2.3.2 Tombol Push Button

Seorang operator dapat memberikan instruksi gerakan robot ke unit pengendali Mikrokontroler AT89C51 dengan menekan tombol-tombol *push button*.



Gambar 4.16 (a)Rangkaian *push button* Prototipe Robot Humanoid.

Sumber: Perancangan

Gambar 4.16 adalah rangkaian tombol *push button*, *push button* yang digunakan ada 18 buah dan 1 buah untuk tombol demo. tombol *push button* dipasang dengan urutan baris dan kolom (4 baris dan 5 kolom). Gambar 4.16 *push button* dihubungkan ke *port 1* dan *port 3* yaitu pada *port 1.0-1.7* dan *port 3.0*. Prinsip kerja rangkaian ini adalah: pertama, MCU AT89C51 akan memberikan logika 1 pada baris pertama dan MCU selanjutnya akan melakukan scanning di semua kolom melalui *port 1.4-1.7* dan *port 3.0*. Jika tidak ada data yang masuk melalui *port* kolom maka MCU akan memberikan logika 1 pada baris kedua dan scanning kembali kolom, hal ini berlanjut sampai baris keempat dan kemudian kembali ke baris pertama. Jika tombol PB1 *UP* ditekan maka *port 1.0* dan *1.4* akan berlogika 1, hal ini menandakan bahwa ada masukan data dari PB1 *UP*. Data keluaran masing-masing tombol PB dapat dilihat dalam tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data keluaran *Push Button* PB (Sumber: Perancangan)

No	Tombol Push Button PB	Data keluaran									Keterangan
		P 1.0	P 1.1	P 1.2	P 1.3	P 1.4	P 1.5	P 1.6	P 1.7	P 3.0	
1	PB 1 UP	1	0	0	0	1	0	0	0	0	PB 1 UP = DITEKAN
2	PB 2 DOWN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	PB 2 DOWN = DITEKAN
3	PB 3 UP	1	0	0	0	0	0	1	0	0	PB 3 UP = DITEKAN
4	PB 4 DOWN	1	0	0	0	0	0	0	1	0	PB 4 DOWN = DITEKAN
5	PB 5 UP	1	0	0	0	0	0	0	0	1	PB 5 UP = DITEKAN
6	PB 6 DOWN	0	1	0	0	1	0	0	0	0	PB 6 DOWN = DITEKAN
7	PB 7 UP	0	1	0	0	0	1	0	0	0	PB 7 UP = DITEKAN
8	PB 8 DOWN	0	1	0	0	0	0	1	0	0	PB 8 DOWN = DITEKAN
9	PB 9 UP	0	1	0	0	0	0	0	1	0	PB 9 UP = DITEKAN
10	PB 10 DOWN	0	1	0	0	0	0	0	0	1	PB 10 DOWN = DITEKAN
11	PB 11 UP	0	0	1	0	1	0	0	0	0	PB 11 UP = DITEKAN
12	PB 12 DOWN	0	0	1	0	0	1	0	0	0	PB 12 DOWN = DITEKAN
13	PB 13 UP	0	0	1	0	0	0	1	0	0	PB 13 UP = DITEKAN
14	PB 14 DOWN	0	0	1	0	0	0	0	1	0	PB 14 DOWN = DITEKAN
15	PB 15 UP	0	0	1	0	0	0	0	0	1	PB 15 UP = DITEKAN
16	PB 16 DOWN	0	0	0	1	1	0	0	0	0	PB 16 DOWN = DITEKAN
17	PB 17 UP	0	0	0	1	0	1	0	0	0	PB 17 UP = DITEKAN
18	PB 18 DOWN	0	0	0	1	0	0	1	0	0	PB 18 DOWN = DITEKAN
19	PB DEMO	0	0	0	1	0	0	0	1	0	PB DEMO = DITEKAN



4.2.4 Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler didalam perancangan ini merupakan komponen utama, karena komponen mengontrol semua *switch* dan merupakan otak dari sistem agar dapat bekerja dengan baik dan optimal.

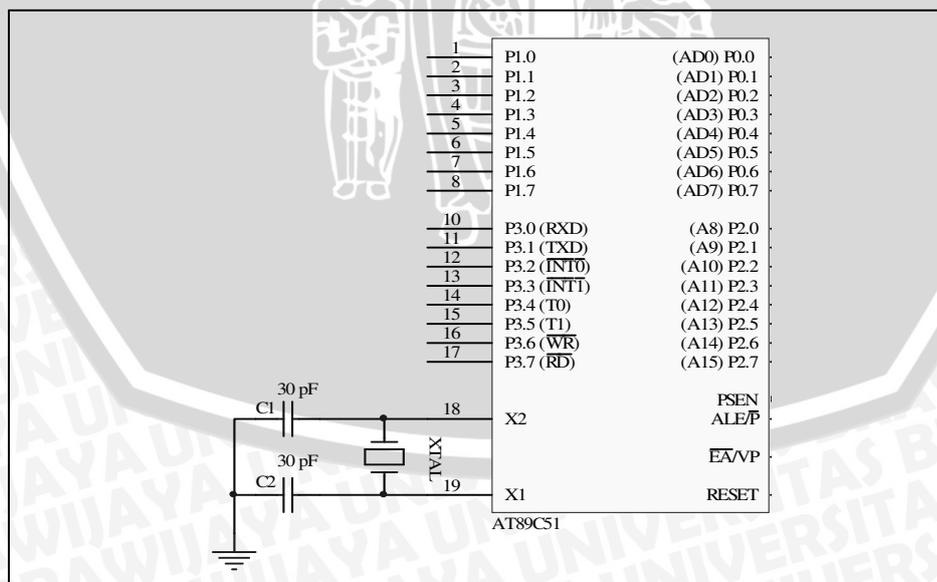
Mikrokontroler AT89C51 digunakan sebagai kendali sistem alat ini. Pemilihan mikrokontroler AT89C51 mengingat MCS ini mempunyai internal memori sehingga tidak perlu menambah memori luar, selain itu MCS ini sangat mudah didapatkan dipasaran dengan harga yang relatif murah.

Perancangan MCS AT89C51 dapat dijelaskan sebagai berikut:

4.2.4.1 Rangkaian Osilator

Osilator internal MCS AT89C51 dapat dibangkitkan dengan menggunakan kristal sebagai pembangkit pulsa dimana besarnya kristal yang diijinkan sebesar 0 – 24 MHz. Dalam perancangan ditentukan sebesar 12 MHz, sehingga kecepatan pelaksanaan intruksi persiklus sebesar 1 μ s ($((1/12\text{MHz}) \times 12$ siklus perioda).

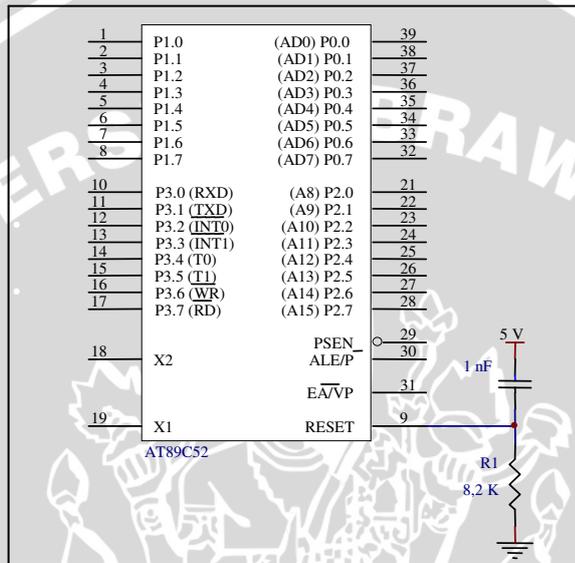
Gambar 4.17 menunjukkan rangkaian osilator yang digunakan. Kristal dihubungkan ke kaki 18 dan 19 pada MCS AT89C51 dengan menambahkan C₁ dan C₂ sebesar 30 pF. Penentuan nilai kapasitor sebesar 30 pF berdasarkan *datasheet*. (Atmel *datasheet* : 4).



Gambar 4.17 Rangkaian Osilator

4.2.4.2 Rangkaian Reset

MCS AT89C51 dapat bekerja jika ada rangkaian resetnya. AT89C51 memakai reset aktif *high* sehingga input reset harus tinggi minimal selama 2 siklus mesin (24 periode osilator) saat pertama kali MCS AT89C51 dijalankan. (Atmel datasheet : 3). Rangkaian reset terdiri atas resistor dan kapasitor yang dihubungkan ke kaki 9 pada MCS AT89C51 seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Rangkaian reset

Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 12 MHz, maka satu periode membutuhkan waktu sebesar :

$$T = \frac{1}{f_{XTALL}} = \frac{1}{12MHz} s = 0,833 \cdot 10^{-8} s \dots\dots\dots(4.7)$$

Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk mereset mikrokontroler adalah :

$$\begin{aligned} t_{reset(min)} &= T \times \text{periode yang dibutuhkan} \\ &= 0,833 \cdot 10^{-8} \times 24 \dots\dots\dots(4.8) \\ &= 2 \mu S \end{aligned}$$

Jadi mikrokontroler membutuhkan waktu minimal 2 μ s untuk mereset. Waktu minimal inilah yang dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C.

$$\begin{aligned}
 t &= 0,357 \cdot R \cdot C \\
 2 \cdot 10^{-6} &= 0,357 \cdot 8,2 \cdot 10^3 C \quad \dots\dots\dots(4.9) \\
 C &= 0,683 \cdot 10^{-9} F
 \end{aligned}$$

Jadi dengan nilai komponen $R = 8,2 \text{ k}\Omega$ nilai kapasitor yang dapat memenuhi syarat untuk *mereset* mikrokontroler harus diatas $0,683 \text{ nF}$. Untuk kemudahan perancangan dipilih $C = 1 \text{ nF}$.

4.2.4.3 Penggunaan Port-Port Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 digunakan untuk mengontrol semua kerja motor sesuai dengan masukan dari limit switch dan infra red. Mikrokontroler ini memiliki empat port yaitu port P0, port P1, port P2 dan port P3. Masing-masing port difungsikan sebagai berikut:

- *Port P0*
 - *Port P0.0-P0.7* dihubungkan ke PPI 82C55A (D0-D7) sebagai pemilih keluaran ke masing-masing driver motor M1 - M12.
- *Port P1*
 - *Port P1.0 – 1.7* dihubungkan pada tombol *push button* PB1-PB18 untuk gerakan manual dan Tombol DEMO untuk gerakan Demo Alat
- *Port P2*
 - *Port P2.0* dihubungkan ke CS PPI
- *Port P3*
 - *Port P3.0* dihubungkan pada tombol *push button* PB1-PB18 untuk gerakan manual dan Tombol DEMO untuk gerakan Demo Alat
 - *Port P3.1-3.7* dihubungkan pada limit switch LS0 (*Limit switch 0*)- LS1 (*Limit switch 1*) sebagai sensor pembatas gerakan mekanik robot.

4.2.5 PPI 82C55A

PPI 82C55A memiliki 24 port untuk keperluan I/O. Dari 24 port yang tersedia terbagi kedalam tiga kelompok port yaitu port A, port B dan port C. Masing-masing port terdiri dari delapan jalur I/O. Pada perancangan ini PPI digunakan untuk mengeluarkan data penggerak driver motor.

Mode pengoperasian dari perangkat ini menggunakan mode 0. Merupakan mode yang paling sederhana. Dengan menggunakan mode ini maka seluruh port dalam PPI dapat digunakan untuk keperluan I/O. Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2.3 sebelum PPI dapat digunakan sebagai periperhal I/O terlebih dahulu diinisialisasi isi dari *Control Word*. Dalam Tabel 4.2 merupakan konfigurasi dari *Control Word (CW)*.

Tabel 4.2. Konfigurasi *Control Word*

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Perancangan

Konfigurasi yang ada dalam Tabel 4.2 digunakan untuk mode 0 dan penggunaan semua port sebagai output. Data CW tersebut apabila dikonversi kedalam bilangan hexadesimal bernilai 80h. Data CW ini nantinya didalam program akan dimasukkan kedalam *address CW* sebagai inisialisasi PPI.

Untuk mengetahui alamat PPI beserta port yang digunakan dapat dilihat dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Mapping Alamat PPI

A ₁₅	A ₁₄	A ₁₃	A ₁₂	A ₁₁	A ₁₀	A ₉	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	Hex.	Ket.
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7FFC	P _A
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	7FFD	P _B
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	7FFE	P _C
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	7FFF	CW

Sumber: Perancangan

4.2.5.1 Penggunaan Port-Port PPI 82C55

➤ Port A

- Port PA.0-PA.1 dihubungkan pada motor M11 digunakan untuk menggerakkan kedipan kelopak mata
- Port PA.2-PA.3 dihubungkan pada motor M12 digunakan untuk memutar bola mata.
- Port PA.4-PA.5 dihubungkan pada motor M10 digunakan untuk memutar mekanik bagian leher.
- Port PA.6-P2.7 dihubungkan pada motor M4 (motor untuk menggerakkan lengan kanan).

➤ **Port B**

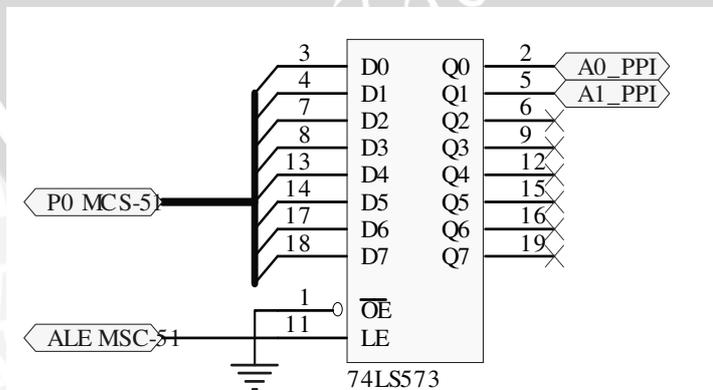
- Port PB.0-PB.1 dihubungkan pada motor M8 (motor untuk menggerakkan lengan kiri).
- Port PB.2-PB.3 dihubungkan pada motor M1 (motor untuk membuka dan menutup jari kanan).
- Port PB.4-PB.5 dihubungkan pada motor M2 (motor untuk memutar telapak tangan kanan).
- Port PB.6-PB.7 dihubungkan pada motor M3 (motor untuk memutar lengan kanan).

➤ **Port C**

- Port PC.0-PC.1 dihubungkan pada motor M5 (motor untuk membuka dan menutup jari kiri).
- Port PC.2-PC.3 dihubungkan pada motor M6 (motor untuk memutar telapak tangan kiri).
- Port PC.4-PC.5 dihubungkan pada motor M7 (motor untuk memutar lengan kiri).
- Port PC.6-PC.7 dihubungkan pada motor M9 (motor untuk menggerakkan badan naik dan turun (badan berdiri dan merunduk)).

4.2.6 Rangkaian Penahan Alamat

Dalam Gambar 4.19 merupakan perangkat yang digunakan untuk memisahkan jalur data dengan jalur alamat. Pada bab 2 telah disebutkan konfigurasi dari masing-masing pin 74HC573



Gambar 4.19 Rangkaian Penahan Alamat 74HC573

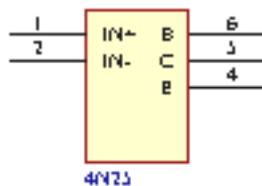
Sumber: Perancangan



Dalam Gambar 4.19 jalur data (D0 – D7) dihubungkan dengan port 0 pada AT89C51. sedangkan Q0 dan Q1 dihubungkan dengan A0 dan A1 dari PPI 82C55A. Pin LE (*Latch Enable*) dihubungkan dengan ALE pada pin AT89C51. pin ini aktif *high*. Sedangkan OE dihubungkan ke ground.

4.2.7 Driver Motor

Dalam Gambar 4.21 merupakan rangkaian driver motor yang dihubungkan dengan rangkaian optocoupler. Rangkaian optocoupler digunakan untuk memisahkan antara rangkaian MCU & PPI dengan rangkaian *driver* motor, dan dihubungkan dengan keluaran PPI. Optocoupler bertujuan untuk mengamankan MCU & PPI agar terhindar dari *bouncing*. Optocoupler yang digunakan adalah tipe 4N25, konfigurasi pin-nya diperlihatkan dalam Gambar 4.20 berikut.



Gambar 4.20 Optocoupler Tipe 4N25
(Sumber : Motorola, Datasheet 4N25.pdf)

Dalam Gambar 4.21, *output* dari port A, port B dan port C PPI di hubungkan pada katoda dari optocoupler. Jadi led optocoupler akan aktif saat output dari PPI rendah. Pada optocoupler, LED mempunyai I_F sebesar 10mA. V_F (dari datasheet adalah 1,5 V). Nilai komponen R1 dapat ditentukan :

$$R_1 = \frac{V_{CC1} - V_F}{I_F} = \frac{(5 - 1,5)V}{10 \cdot 10^{-3} A} = 350\Omega \approx 390\Omega \dots\dots\dots(4.10)$$

R_1 digunakan untuk membatasi arus yang masuk ke led optocoupler, sehingga arus yang dibutuhkan optocoupler sesuai. $R_1 = 390\Omega$ (nilai R yang tersedia dipasaran yang mendekati nilai R perhitungan).

Arus maju detector I_F sebesar 10mA dengan CTR 20%, menghasilkan arus kolektor optocoupler $I_c(\text{opto})$ sebesar:

$$CTR = \frac{I_C}{I_F} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.11)$$

$$I_{C(\text{opto})} = I_F \times CTR \quad \dots\dots\dots(4.12)$$

$$= 10 \cdot 10^{-3} \times 20\%$$

$$= 2 \text{ mA}$$

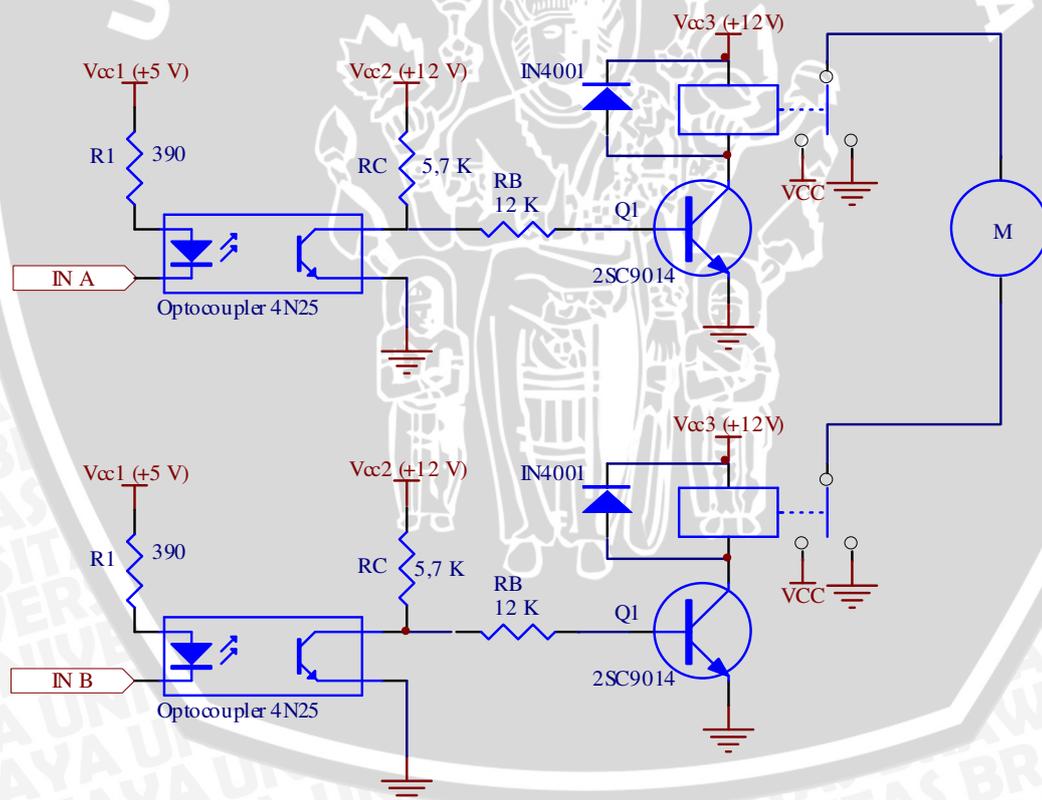
Untuk mendapatkan CTR 20% dan $I_{C(\text{opto})} = 2 \text{ mA}$, maka perlu dipasang resistor

R_C sebesar

$$R_C = \frac{V_{CC2} - V_{ce(\text{Sat})\text{opto}}}{I_{C(\text{opto})}} = \frac{(12 - 0,5)V}{2\text{mA}} = 5750\Omega \approx 5,7\text{k}\Omega \quad \dots\dots\dots(4.13)$$

$V_{ce(\text{Sat})\text{opto}}$ sebesar 0,5 Volt (sesuai dengan datasheet optocoupler 4N25)

$R_C = 5,7\text{K}\Omega$ (nilai R yang tersedia dipasaran yang mendekati nilai R perhitungan).



Gambar 4.21. Driver Motor

Sumber: Perancangan

Dalam Gambar 4.21, untuk mengaktifkan motor M1-M12 (putar kanan-kiri dan atas-bawah) menggunakan rangkaian transistor yang difungsikan sebagai saklar untuk mengaktifkan relay. Relay ini akan mematikan atau mengaktifkan motor. Relay akan aktif atau bergerak dari keadaan awal jika arus masuk melalui kumparan relay. Arus ini diatur oleh transistor, sedangkan transistor sendiri mendapatkan bias masuk pada kaki basis. Jika terdapat bias pada kaki basis, maka transistor akan aktif sehingga arus mengalir dari kolektor ke emiter. Dengan aktifnya transistor, maka tegangan antara kolektor dan emiter akan minimal dan keadaan ini disebut dengan saturasi. Sebaliknya jika tidak ada tegangan bias, maka transistor akan *cut-off*.

Dari hasil pengukuran diketahui resistansi kumparan relay sebesar 340 Ω , sehingga arus yang diperlukan oleh kumparan *relay* sebesar :

$$I_{(relay)} = \frac{V_{cc3}}{R_{(relay)}} = \frac{12}{340} = 35,294 \text{ mA} \dots\dots\dots(4.14)$$

Arus masukan untuk driver motor diambil dari keluaran rangkaian optocoupler, yaitu besaran $I_{c(opto)}$ sebesar 2mA. Dari data-data tersebut kita dapat mengetahui $\beta_{(min)}$ yang diperlukan sebesar :

$$\beta_{(min)} = \frac{I_{relay}}{I_{in(Ic opto)}} = \frac{35,294 \text{ mA}}{2 \text{ mA}} = 17,647 \dots\dots\dots(4.15)$$

Sehingga transistor yang digunakan harus memiliki β lebih besar dari 17,647 dan arus I_C yang lebih besar dari 35,294 mA. Transistor 2SC9014 memenuhi spesifikasi diatas karena transistor ini memiliki β_{min} sebesar 60 dan arus kolektor maksimal 100 mA.

Dari datasheet transistor 2SC9014 diketahui bahwa:

- $I_{c(max)} = 100 \text{ mA}$
- $V_{BE(max)} = 1 \text{ V}$
- $\beta_{(min)} = 60 \text{ dan } \beta_{(max)} = 1000$
- Vce (sat) : 0,3 Volt



Sedangkan resistansi kumparan relay yaitu sebesar 340Ω

Sesuai dengan Gambar 2.18(b), untuk memfungsikan transistor agar layaknya sebuah saklar dengan posisi terbuka (*open*), maka dirancang agar VCE mendekati VCC atau bahkan VCE sama dengan VCC. Untuk itu, arus yang mengalir pada basis (I_B) sama dengan nol. Sedangkan untuk memfungsikan transistor sebagai sebuah saklar dengan posisi tertutup (*close*), maka dirancang agar transistor dalam keadaan saturasi. Sehingga, dengan menggunakan hukum *kirchoff*, maka diperoleh perhitungan:

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC3} - V_{CE(sat)Q1}}{R_{C(relay)}} = \frac{12 - 0,3}{340} = 34,4 \text{ mA} \quad \dots\dots\dots(4.16)$$

$$I_{B(sat)} = \frac{I_{C(sat)}}{h_{fe}} = \frac{34,4 \text{ mA}}{60} = 0,57 \text{ mA} \quad \dots\dots\dots(4.17)$$

Maka

$$\begin{aligned} R_{b_{Q1}} &= \frac{(V_{CC2} - V_{BE_{Q1}})}{I_{B(sat)}} \quad \dots\dots\dots(4.18) \\ &= \frac{(12 - 1)V}{0,57 \text{ mA}} \\ &= 19,2 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

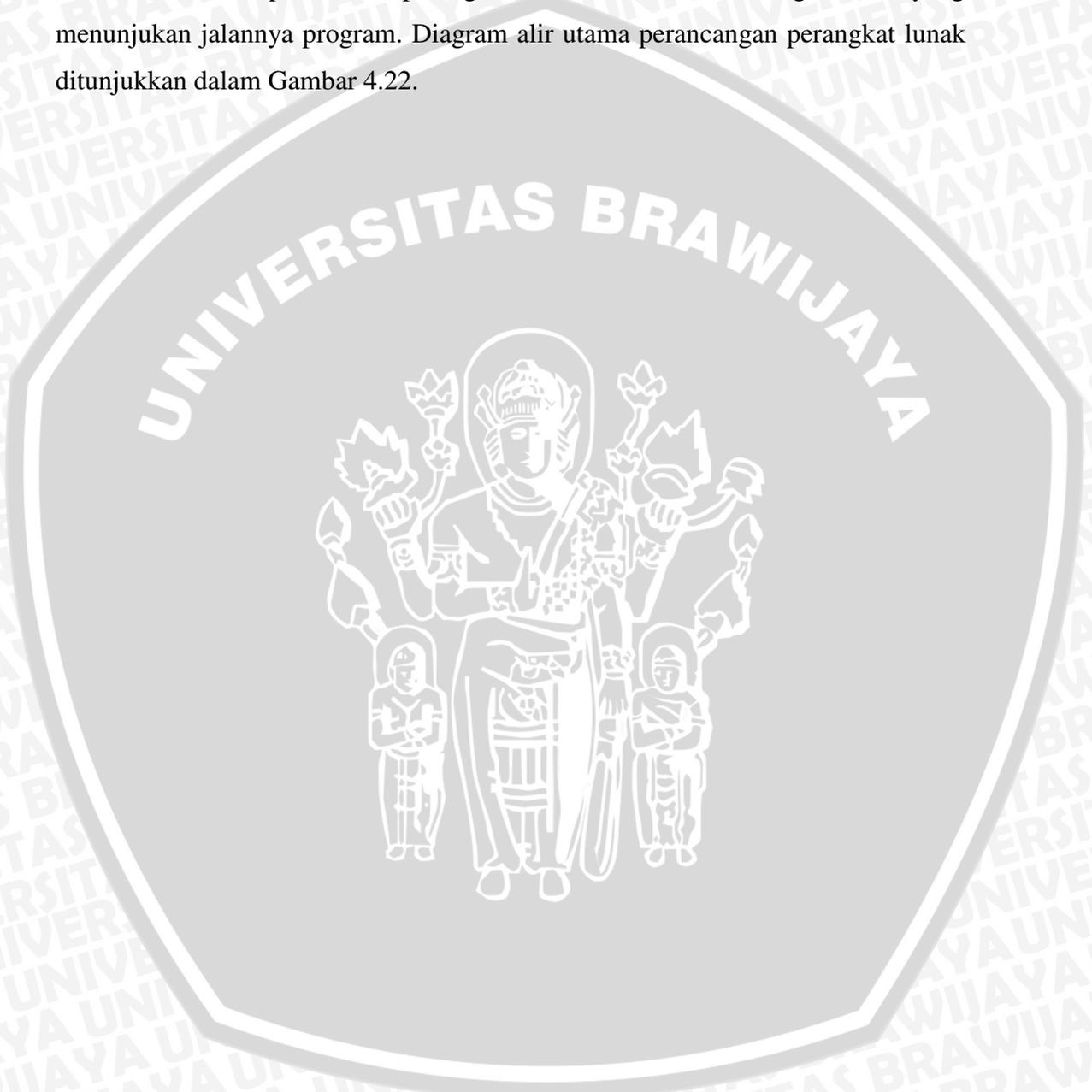
Untuk memfungsikan transistor agar layaknya sebuah saklar, maka resistansi masukan Q1 2SC9014 sebesar $19,2 \text{ k}\Omega$. Karena masukan driver motor diambil dari rangkaian optocoupler, maka R_b yang harus dipasang sebesar:

$$R_b = R_{b_{Q1}} - R_{C(opto)} = 19,2 \text{ k}\Omega - 5,7 \text{ k}\Omega = 13,5 \text{ k}\Omega \approx 12 \text{ k}\Omega \quad \dots\dots\dots(4.19)$$

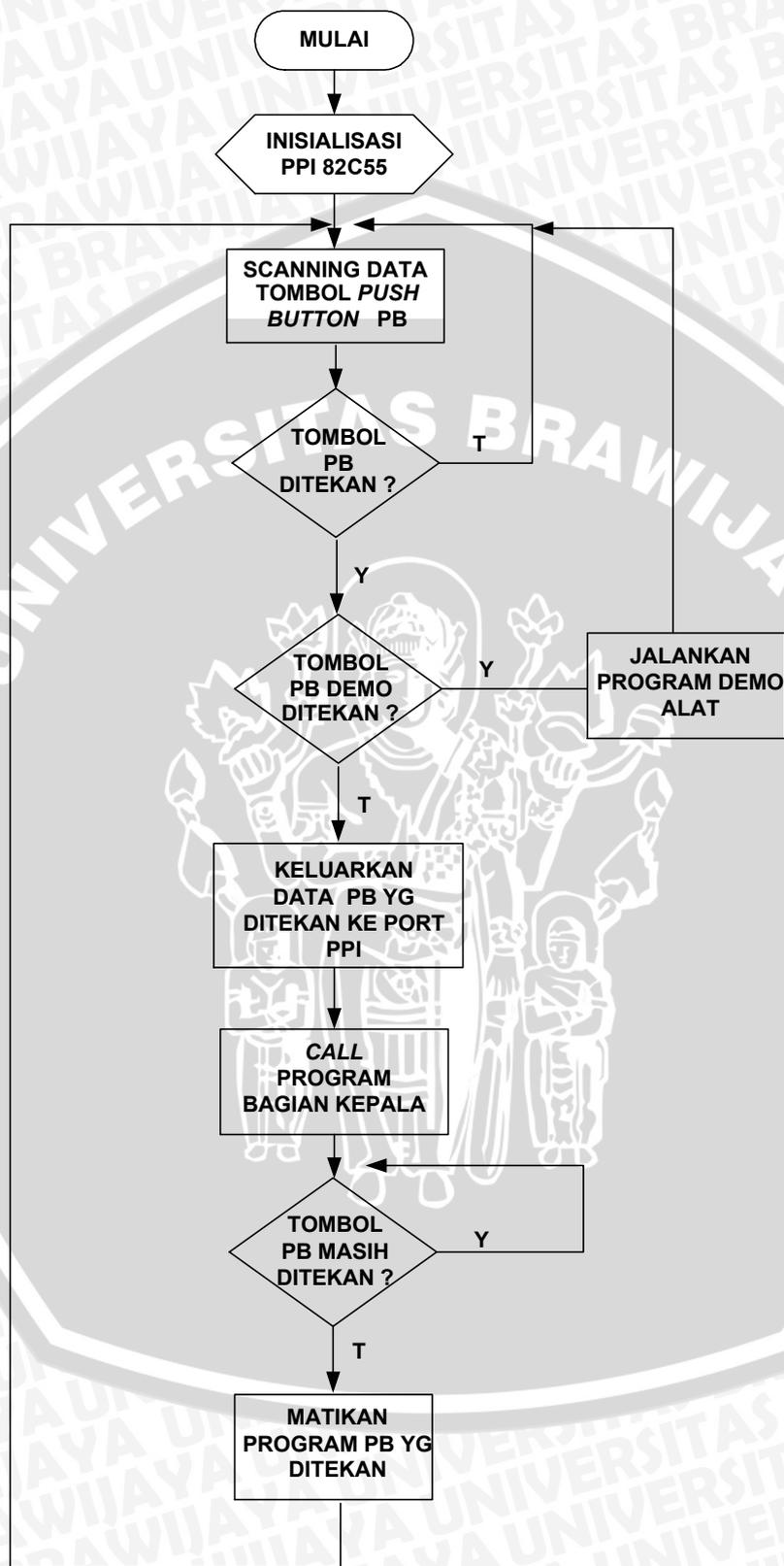
Dalam Gambar 4.21 rangkaian driver motor terdapat 2 masukan dari PPI yang berfungsi untuk memutar motor dengan 2 arah. Jika kedua masukan diberikan logika *low* maka motor tidak akan berputar. Namun saat driver ke pertama diberikan logika *high* dan driver yang kedua diberikan logika *low* maka motor akan berputar. Jika logika kedua masukan dibalik maka motor akan berputar dengan arah sebaliknya dari putaran yang pertama tadi.

4.3 Perancangan Perangkat Lunak.

Perangkat lunak yang dirancang dengan menggunakan bahasa assembler mikrokontroler MCS-51. Untuk memberikan gambaran umum jalannya program dan memudahkan pembuatan perangkat lunak, maka dibuat diagram alir yang menunjukkan jalannya program. Diagram alir utama perancangan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 4.22.



4.3.1 Diagram alir program utama



Gambar 4.22 Diagram alir program utama.





BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT

Tujuan pengujian alat ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan dengan cara menguji rangkaian setiap blok secara terpisah dan pengujian secara sistem. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk mempermudah analisis apabila alat ini tidak bekerja sesuai dengan perencanaan.

Dalam pelaksanaan pengujian dilakukan secara perangkat keras, dengan melakukan pemeriksaan sambungan pengawatan dan pengukuran dengan alat-alat ukur.

Pengujian ini dibagi menjadi:

- a) Pengujian sensor, yaitu: *limit switch* dan tombol *push button* PB.
- b) Pengujian rangkaian PPI 82C55A.
- c) Pengujian rangkaian Penahan Alamat 74LS573.
- d) Pengujian rangkaian *driver* motor DC.
- e) Pengujian alat (sistem).

5.1 Pengujian Sensor

5.1.1 Pengujian *Limit switch*

5.1.1.1 Tujuan

Untuk menguji kesesuaian data antara yang direncanakan dengan data hasil pengujian, jika *limit switch* digunakan sebagai sensor pembatas mekanik prototipe robot humanoid dan untuk menguji data keluaran *encoder* sesuai dengan data sheet 74C922.

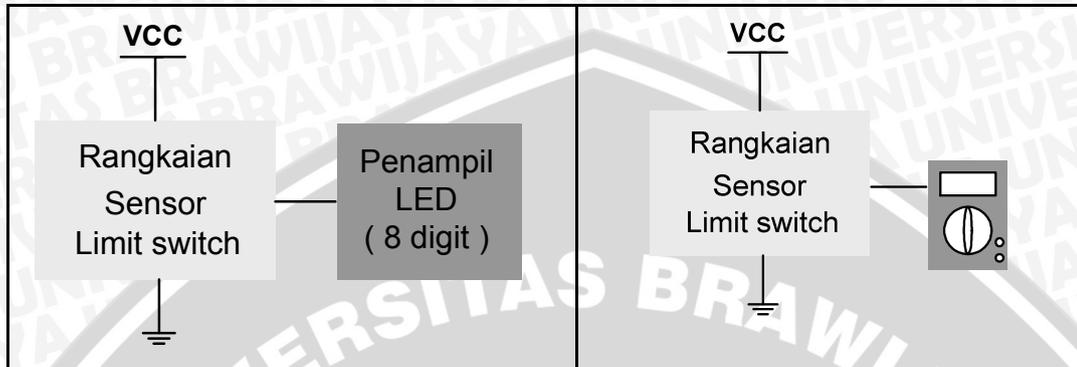
5.1.1.2 Peralatan yang Digunakan

- 1) Rangkaian sensor *limit switch*
- 2) Rangkaian Penampil LED.
- 3) Multimeter digital DT-830B No.11270.
- 4) *Projectboard*.
- 5) Catu daya +5 volt.

5.1.1.3 Prosedur Pengujian

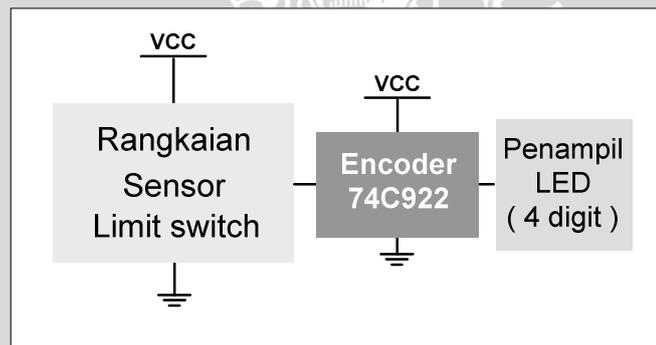
Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai blok rangkaian pengujian sensor *limit switch* seperti dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1a Blok Pengujian sensor *limit switch* dengan LED

Gambar 5.1b Blok Pengujian sensor *limit switch* dengan Miltimeter Digital



Gambar 5.1c Blok Pengujian sensor *limit switch* dengan *encoder* 74C922.

- 2) Memberikan catu daya +5 volt pada rangkaian sensor *limit switch*.
- 3) Menghubungkan LED pada bagian keluaran dari rangkaian sensor *limit switch* dan *encoder*, guna mengetahui data yang dihasilkan dari sensor *limit switch* dan *encoder*. LED nyala = logika 1 dan LED mati = logika 0.
- 4) Menghubungkan multimeter digital pada bagian keluaran dari rangkaian sensor *limit switch* (Gambar 5.1b) untuk mengetahui tegangan keluaran yang dihasilkan sensor tersebut. +5 volt = logika 1 dan 0 volt = logika 0.
- 5) Hasil pengujian terdapat pada tampilan LED dan multimeter digital.

Karena data yang keluar dari sensor *limit switch* berupa data logika 1 dan 0, maka pengujian dilakukan dengan menggunakan bantuan tampilan LED. Dalam

Gambar 5.1a LED ada 8 buah, 4 buah LED kolom yang menandakan ada 4 bit keluaran dan 4 buah LED baris yang menandakan ada 5 bit keluaran.

Dalam Gambar 5.1b, keluaran rangkaian sensor *limit switch* diukur dengan multimeter digital untuk mengetahui apakah ada dan tidak ada tegangan keluaran, jika sensor *limit switch* hidup (ditekan). Tegangan keluaran +5Volt menandakan logika 1 dan jika tegangan keluaran 0Volt, menandakan logika 0.

Dalam Gambar 5.1c LED ada 4 buah, 4 buah LED menandakan ada 4 bit keluaran yang merupakan konfigurasi logika keluaran dari 16 *limit switch* yang ada.

5.1.1.4 Hasil Pengujian

Tabel 5.1 menunjukkan hasil pengujian sensor *limit switch*.

Tabel 5.1a Hasil Pengujian Sensor *limit switch* dengan LED.

	Input Sensor Pembatas mekanik Limit switch	Data Output								KET
		Rangkaian Sensor pembatas Limit Switch								
		LED1	LED2	LED3	LED4	LED5	LED6	LED7	LED8	
1	LS0	1	0	0	0	1	0	0	0	1 : LED ON 0 : LED OFF
2	LS1	1	0	0	0	0	1	0	0	
3	LS2	1	0	0	0	0	0	1	0	
4	LS3	1	0	0	0	0	0	0	1	
5	LS4	0	1	0	0	1	0	0	0	
6	LS5	0	1	0	0	0	1	0	0	
7	LS6	0	1	0	0	0	0	1	0	
8	LS7	0	1	0	0	0	0	0	1	
9	LS8	0	0	1	0	1	0	0	0	
10	LS9	0	0	1	0	0	1	0	0	
11	LS10	0	0	1	0	0	0	1	0	
12	LS11	0	0	1	0	0	0	0	1	
13	LS12	0	0	0	1	1	0	0	0	
14	LS13	0	0	0	1	0	1	0	0	
15	LS14	0	0	0	1	0	0	1	0	
16	LS15	0	0	0	1	0	0	0	1	

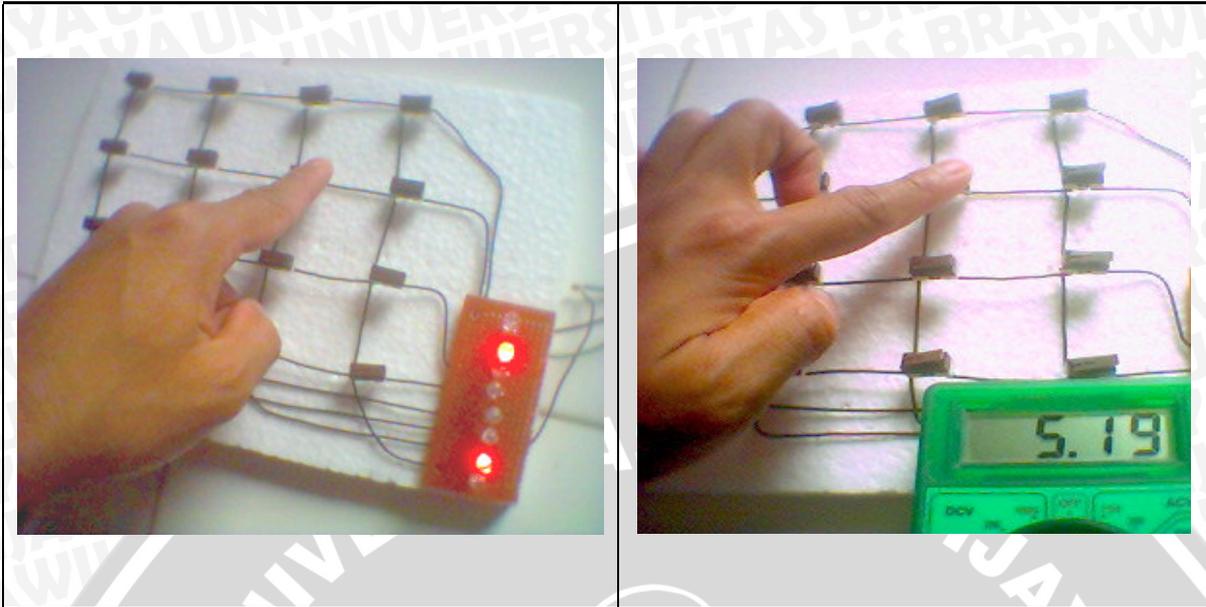
Tabel 5.1b Hasil Pengujian Sensor *limit switch* dengan Multimeter Digital.

	Input Sensor Pembatas mekanik Limit switch	Tegangan Output Rangkaian Sensor pembatas Limit Switch (Vol t)								KET
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
1	LS0	5	0	0	0	5	0	0	0	5 Volt = logika 1 0 Volt = logika 0
2	LS1	5	0	0	0	0	5	0	0	
3	LS2	5	0	0	0	0	0	5	0	
4	LS3	5	0	0	0	0	0	0	5	
5	LS4	0	5	0	0	5	0	0	0	
6	LS5	0	5	0	0	0	5	0	0	
7	LS6	0	5	0	0	0	0	5	0	
8	LS7	0	5	0	0	0	0	0	5	
9	LS8	0	0	5	0	5	0	0	0	
10	LS9	0	0	5	0	0	5	0	0	
11	LS10	0	0	5	0	0	0	5	0	
12	LS11	0	0	5	0	0	0	0	5	
13	LS12	0	0	0	5	5	0	0	0	
14	LS13	0	0	0	5	0	5	0	0	
15	LS14	0	0	0	5	0	0	5	0	
16	LS15	0	0	0	5	0	0	0	5	

Tabel 5.1c Hasil Pengujian Data keluaran *encoder* MM74C922.

	Input Sensor Pembatas mekanik Limit switch	Data Output Data sheet Encoder MM74C922				Data Output Rangkaian Sensor pembatas Limit Switch			
		D	C	B	A	Pd	Pc	Pb	Pa
1	LS0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	LS1	0	0	0	1	0	0	0	1
3	LS2	0	0	1	0	0	0	1	0
4	LS3	0	0	1	1	0	0	1	1
5	LS4	0	1	0	0	0	1	0	0
6	LS5	0	1	0	1	0	1	0	1
7	LS6	0	1	1	0	0	1	1	0
8	LS7	0	1	1	1	0	1	1	1
9	LS8	1	0	0	0	1	0	0	0
10	LS9	1	0	0	1	1	0	0	1
11	LS10	1	0	1	0	1	0	1	0
12	LS11	1	0	1	1	1	0	1	1
13	LS12	1	1	0	0	1	1	0	0
14	LS13	1	1	0	1	1	1	0	1
15	LS14	1	1	1	0	1	1	1	0
16	LS15	1	1	1	1	1	1	1	1

Gambar 5.2 menunjukkan hasil pengujian rangkaian sensor *limit switch*.



Gambar 5.2a Hasil Pengujian Sensor *limit switch*.
dengan tampilan LED
Sumber : Pengujian

Gambar 5.2b Hasil Pengujian Sensor *limit switch*.
dengan Multimeter Digital
Sumber : Pengujian

5.1.1.5 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian di atas, terlihat bahwa rangkaian sensor *limit switch* yang telah diuji sesuai dengan data perencanaan. Data yang dihasilkan Tabel 5.1a dan 5.1b adalah konfigurasi data keluaran dari rangkaian sensor *limit switch* yang mempunyai kesamaan dengan data perencanaan, sehingga dapat dikonversikan langsung oleh IC keypad encoder MM74C922.

Tabel 5.1c menunjukkan bahwa data hasil pengujian *encoder* MM74C922 sesuai dengan Data sheet *encoder* MM74C922.

5.1.2 Pengujian tombol *push button*

5.1.2.1 Tujuan

Untuk menguji kesesuaian data antara data yang dirancang dengan data hasil pengujian.

5.1.2.2 Peralatan yang Digunakan

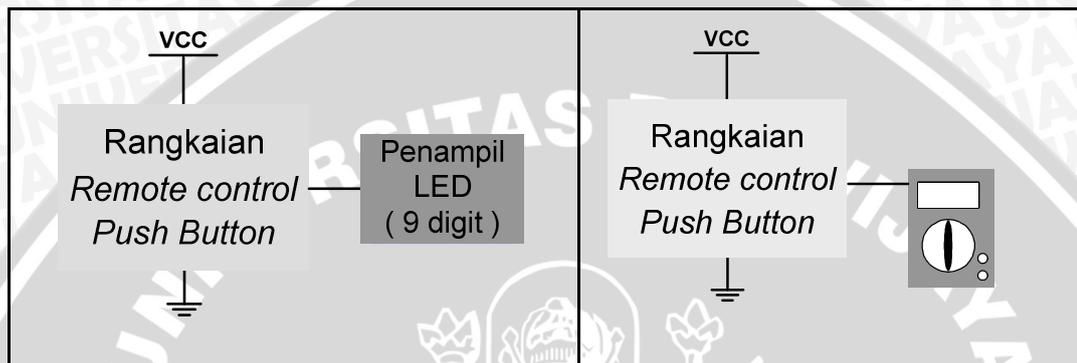
- 1) Rangkaian *remote control push button* PB.
- 2) Rangkaian Penampil LED.
- 3) Multimeter digital DT-830B No.11270.
- 4) *Projectboard*.

- 5) Catu daya +5 volt.

5.1.2.3 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai blok rangkaian pengujian *push button* seperti dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3a Blok Pengujian *push button* dengan LED

Gambar 5.3b Blok Pengujian *push button* dengan Multimeter Digital

- 2) Memberikan catu daya +5 volt pada rangkaian *push button* .
- 3) Menghubungkan LED pada bagian keluaran dari rangkaian *push button*, guna mengetahui data yang dihasilkan dari *push button*. LED nyala = logika 1 dan LED mati = logika 0.
- 4) Menghubungkan multimeter digital pada bagian keluaran dari rangkaian *push button* (Gambar 5.3b) untuk mengetahui tegangan keluaran yang dihasilkan *push button* tersebut. +5 volt = logika 1 dan 0 volt = logika 0.
- 5) Hasil pengujian terdapat pada tampilan LED dan multimeter digital.

5.1.2.4 Hasil Pengujian

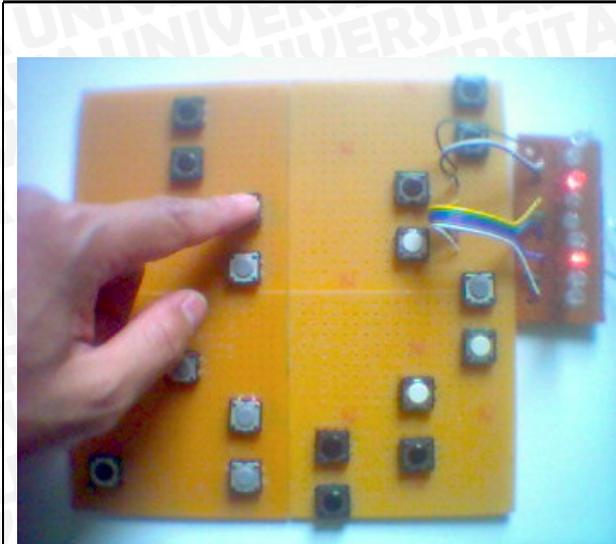
Tabel 5.2 menunjukkan hasil pengujian tombol *push button*.

Tabel 5.2a Hasil Pengujian tombol *push button* dengan LED.

	Input Tombol Push Button	Data Output									KET
		Rangkaian Tombol push Button PB									
		LED1	LED2	LED3	LED4	LED5	LED6	LED7	LED8	LED9	
1	PB1 UP	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1 : LED ON 0 : LED OFF
2	PB2 DOWN	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
3	PB3 UP	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
4	PB4 DOWN	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
5	PB5 UP	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
6	PB6 DOWN	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
7	PB7 UP	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
8	PB8 DOWN	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
9	PB9 UP	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
10	PB10 DOWN	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
11	PB11 UP	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
12	PB12 DOWN	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
13	PB13UP	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
14	PB14 DOWN	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
15	PB15 UP	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
16	PB16 DOWN	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
17	PB17 UP	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
18	PB18 DOWN	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
19	PB DEMO	0	0	0	1	0	0	0	1	0	

Tabel 5.2b Hasil Pengujian tombol *push button* dengan Multimeter.

	Input Tombol Push Button	Tegangan Output									KET
		Rangkaian Tombol push Button PB (Volt)									
		LED1	LED2	LED3	LED4	LED5	LED6	LED7	LED8	LED9	
1	PB1 UP	5	0	0	0	5	0	0	0	0	5 Volt = LOGIKA 1 0 Volt = LOGIKA 0
2	PB2 DOWN	5	0	0	0	0	5	0	0	0	
3	PB3 UP	5	0	0	0	0	0	5	0	0	
4	PB4 DOWN	5	0	0	0	0	0	0	5	0	
5	PB5 UP	5	0	0	0	0	0	0	0	5	
6	PB6 DOWN	0	5	0	0	5	0	0	0	0	
7	PB7 UP	0	5	0	0	0	5	0	0	0	
8	PB8 DOWN	0	5	0	0	0	0	5	0	0	
9	PB9 UP	0	5	0	0	0	0	0	5	0	
10	PB10 DOWN	0	5	0	0	0	0	0	0	5	
11	PB11 UP	0	0	5	0	5	0	0	0	0	
12	PB12 DOWN	0	0	5	0	0	5	0	0	0	
13	PB13UP	0	0	5	0	0	0	5	0	0	
14	PB14 DOWN	0	0	5	0	0	0	0	5	0	
15	PB15 UP	0	0	5	0	0	0	0	0	5	
16	PB16 DOWN	0	0	0	5	5	0	0	0	0	
17	PB17 UP	0	0	0	5	0	5	0	0	0	
18	PB18 DOWN	0	0	0	5	0	0	5	0	0	
19	PB DEMO	0	0	0	5	0	0	0	5	0	



Gambar 5.4a Hasil Pengujian tombol *push button* dengan tampilan LED
Sumber : Pengujian



Gambar 5.4b Hasil Pengujian tombol *push button* dengan Multimeter Digital
Sumber : Pengujian

5.1.2.5 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian di atas, terlihat bahwa rangkaian *push button* yang telah diuji sesuai dengan data perencanaan Tabel 4.1. Data yang dihasilkan dari Tabel 5.2a dan 5.2b dapat diterima dan diolah langsung oleh unit pengendali Mikrokontroler AT89C51.

5.2 Pengujian Rangkaian PPI 8255

5.2.1 Tujuan

Untuk menguji penulisan data yang dikeluarkan ke port A, port B dan port C sehingga data yang keluar dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan driver motor DC mekanik prototipe robot humanoid.

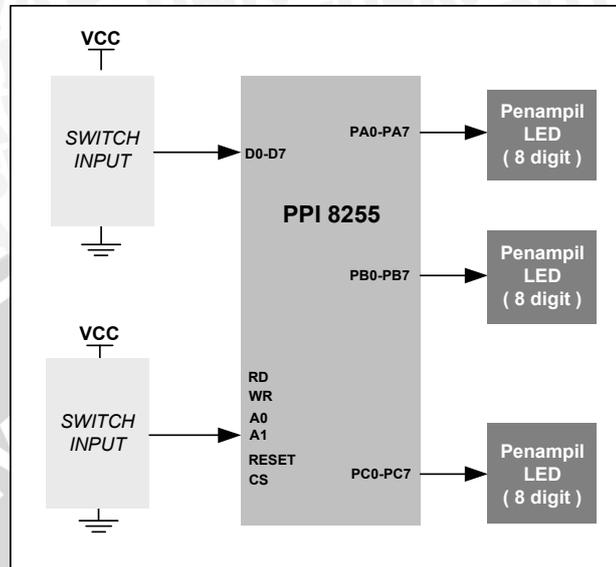
5.2.2 Peralatan yang Digunakan

- 1) Rangkaian PPI 8255
- 2) Switch Input
- 3) Multimeter digital DT-830B No.11270.
- 4) *Projectboard*.
- 5) Catu daya +5 volt.

5.2.3 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai blok rangkaian pengujian PPI 8255 seperti dalam Gambar 5.5.

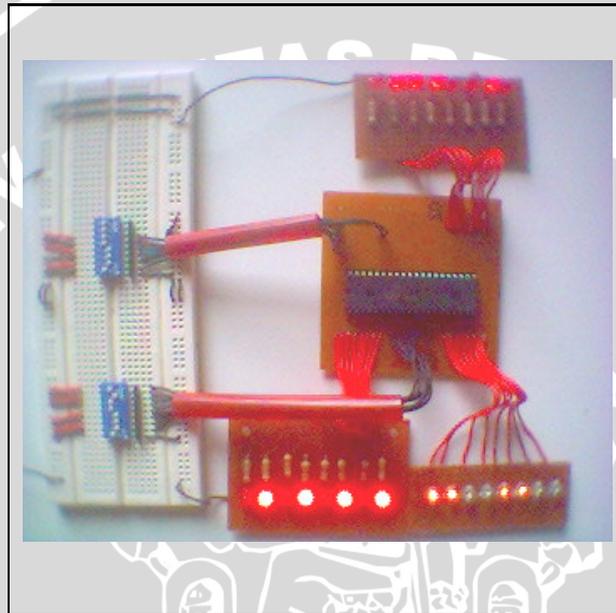


Gambar 5.5 Blok Pengujian PPI 8255

- 2) Pastikan rangkaian yang disusun sudah benar sebelum menghubungkannya ke Vcc.
- 3) Set semua sinyal kontrol yang digunakan (\overline{RD} , \overline{WR} , \overline{CS}) ke posisi tidak aktif (semua sinyal diberi logika tinggi).
- 4) Resetlah PPI 8255 dengan mengaktifkan pin RESET (diberi logika 1).
- 5) Siapkan kata kendali untuk operasi output (misal :80H) dengan cara memberikan data kata kendali pada modul input.
- 6) Set alamat PPI pada register kontrol. A0=1 dan A1=1.
- 7) Aktifkan PPI 8255, dengan cara memberikan logika rendah pada pin \overline{CS} , $\overline{CS} = 0$.
- 8) Tuliskan kata kendali ke register kontrol PPI 8255, dengan cara memberikan pulsa menuju rendah pada pin \overline{WR} , $\overline{WR} = \downarrow$
- 9) Non-aktifkan PPI 8255. $\overline{CS} = 1$.
- 10) Siapkan data yang akan ditulis ke PPI (misal : D7 – D0 = 10101010 = AAH).
- 11) Set port tempat data dikeluarkan. Misalnya data akan dikeluarkan pada port A, maka set A0 = 0, A1 = 0.
- 12) Aktifkan PPI 8255. $\overline{CS} = 0$.

- 13) Tulis data yang telah disiapkan ke port A. $\overline{WR} = \downarrow$.
- 14) Amati perubahan pada modul LED indikator.
- 15) Cobalah diganti dengan data yang lain, dengan mengulangi langkah 9 – 14.
- 16) Ulangi langkah-langkah dia tas (yang bersesuaian) jika data akan dikeluarkan ke port B dan port C.

5.2.3 Hasil Pengujian



Gambar 5.6 Rangkaian Pengujian PPI 8255
Sumber : Pengujian

Tabel 5.3 menunjukkan hasil pengujian PPI 8255

Tabel 5.3 Hasil Pengujian PPI 8255.

No	Data Input PPI									A0	A1	Data Output PPI		
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Port A			Port B	Port C	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	FF	-	-
2	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	AA	-	-
3	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	AA	CC	-
4	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	AA	CC	72

5.2.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari Tabel 5.3 Hasil pengujian PPI 8255 , menunjukkan bahwa PPI 8255 dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan. Port A, Port B dan Port C berfungsi sebagai output sehingga dapat dijadikan untuk mengontrol putaran motor DC.

5.3 Pengujian Rangkaian Penahan Alamat 74HC573

5.3.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian rangkaian penahan alamat IC 74HC573 adalah untuk menguji logika *output* (data keluaran) sesuai dengan perencanaan, pada saat input diberikan masukan logika *low* dan logika *high*.

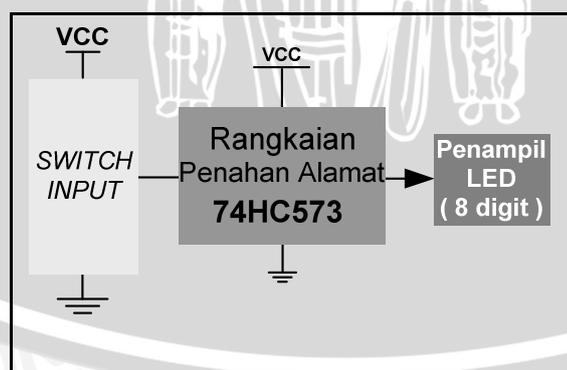
5.3.2 Peralatan yang Digunakan

- 1) Rangkaian Penahan Alamat 74HC573
- 2) Rangkaian Penampil LED.
- 3) Multimeter digital DT-830B No.11270.
- 4) Switch Input
- 5) *Projectboard*.
- 6) Catu daya +5 volt.

5.3.3 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai blok rangkaian pengujian Penahan Alamat 74HC573 seperti dalam Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Blok Pengujian Penahan Alamat 74HC573 dengan penampil LED

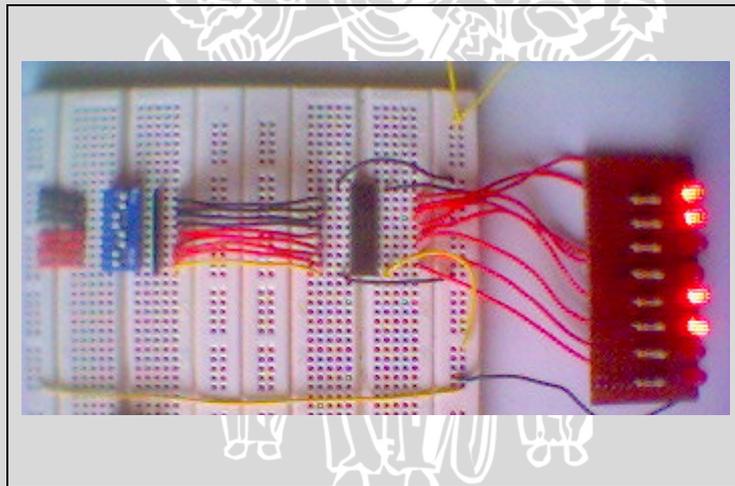
- 2) Memberikan catu daya +5 volt pada rangkaian Penahan Alamat 74HC573.

- 3) Menghubungkan LED pada bagian keluaran dari rangkaian Penahan Alamat 74HC573, guna mengetahui data yang dihasilkan dari 74HC573. LED nyala = logika 1 dan LED mati = logika 0.
- 4) Hasil pengujian terdapat pada tampilan LED.

5.3.4 Hasil Pengujian

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Penahan Alamat 74HC573 dengan LED.

No	Data Masukan 74HC573									LE	Data Masukan 74HC573								KET
	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Q0		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Input diteruskan sbg data
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	Outpt ditahan sbg alamat
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	Outpt ditahan sbg alamat
5	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	Input diteruskan sbg data
7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	
8	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	



Gambar 5.8 Pengujian Penahan Alamat 74HC573
Sumber : Pengujian

5.3.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari Tabel 5.4 Hasil Pengujian Penahan Alamat 74HC573, menunjukkan bahwa Penahan Alamat 74HC573 dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan. Penahan Alamat 74HC573 dapat memisahkan jalur data dengan jalur alamat, jika LE kondisi *High* (1) maka alamat akan diteruskan dan jika LE kondisi *Low* (0) maka alamat akan terkunci sehingga data yang dilewatkan.

5.4 Pengujian *driver* Motor DC

5.4.1 Tujuan

Untuk mengetahui apakah *driver* motor DC dapat bekerja dengan baik atau tidak jika diberi masukan data dan mengetahui arah putaran motor DC.

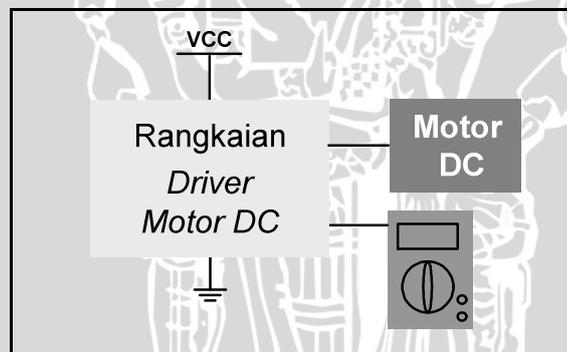
5.4.2 Peralatan yang Digunakan

- 1) Rangkaian *driver* Motor DC
- 2) Multimeter digital DT-830B No.11270.
- 3) *Projectboard*.
- 4) Catu daya +5 volt dan +12 volt.
- 5) Motor DC.

5.4.3 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai blok rangkaian pengujian *driver* Motor DC seperti dalam Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Blok Pengujian *driver* Motor DC dengan Multimeter

- 2) Menghubungkan rangkaian ke catu daya DC +5 Volt dan +12 Volt untuk *relay* dan motor DC.
- 3) Ukurlah tegangan keluaran driver motor DC dengan Multimeter Digital.
- 4) Amati arah putaran motor DC.

5.4.4 Hasil Pengujian.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian *driver* Motor DC dengan Multimeter

No	Tegangan Masukan (volt)		Motor	Tegangan Keluaran Driver motor
	Input A	Input B		
1	0 Volt	0 Volt	Motor Mati	0 Volt
2	0 Volt	5 Volt	Motor Hidup (putar kanan)	12 Volt
3	5 Volt	0 Volt	Motor Hidup (putar kiri)	12 Volt

5.4.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari Tabel 5.5 apabila input A dan input B diberikan masukan 0V, maka motor akan mati. Bila input A diberi masukan 0 Volt dan input B 5 Volt, maka motor akan berputar kekanan. Motor akan berputar ke kiri, jika masukan dibalik polaritasnya. Berdasarkan tabel 5.5 rangkaian sudah bekerja dengan baik.

5.5 Pengujian Alat

5.5.1 Tujuan

Tujuan pengujian alat secara keseluruhan adalah untuk mengetahui unjuk kerja alat apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan, dan untuk mengetahui ukuran dan berat maksimal barang yang dapat diangkat oleh prototipe robot.

5.5.2 Peralatan yang Digunakan

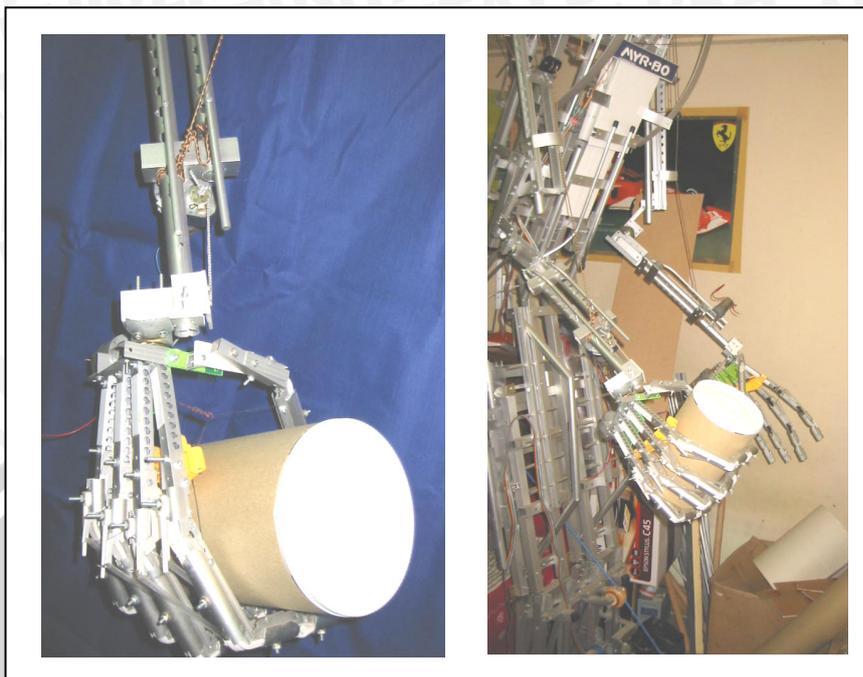
- 1) Alat Keseluruhan.
- 2) Barang.
- 3) Box.

5.5.3 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Letakkan Barang dan Box di depan prototipe robot humanoid.
- 2) Hidupkan alat dengan cara menekan saklar ON/OFF pada posisi ON.
- 3) Tekanlah Tombol-tombol pada remote control dan tekan tombol Demo Alat jika ingin masuk dalam program demo alat.
- 4) Amati kerja alat dan catat berapa berat dan ukuran maksimal benda yang dapat diangkat oleh lengan robot.

5.5.4 Hasil Pengujian



Gambar 5.10 Pengujian Prototipe robot humanoid
Sumber : Pengujian

Tabel 5.6a Hasil Pengujian ukuran diameter benda yang dapat digenggam oleh jari robot, dengan berat = 0,5 kg

No	Ukuran Diameter Barang (cm)	Kekuatan genggamannya Jari robot
1	1 cm	Tidak kuat
2	2 cm	Tidak kuat
3	3 cm	Tidak kuat
4	4 cm	Tidak kuat
5	5 cm	Tidak kuat
6	6 cm	Tidak kuat
7	7 cm	lemah
8	8 cm	lemah
9	9 cm	kuat
10	10 cm	kuat
11	11 cm	kuat
12	12 cm	kuat
13	13 cm	kuat
14	14 cm	kuat
15	15 cm	kuat
16	16 cm	kuat
17	17 cm	kuat
18	18 cm	kuat
19	19 cm	lemah
20	20 cm	lemah
21	21 cm	Tidak kuat
22	22 cm	Tidak kuat

Tabel 5.6b Hasil Pengujian berat benda yang dapat diangkat oleh lengan robot, dengan diameter benda = ± 14 cm.

No	Berat Barang (kg)	Kekuatan Lengan Mengangkat barang
1	0.2 kg	kuat
2	0.3 kg	kuat
3	0.4 kg	kuat
4	0.5 kg	kuat
5	0.6 kg	kuat
6	0.7 kg	kuat
7	0.8 kg	kuat
8	0.9 kg	lemah
9	1 kg	lemah
10	1.2 kg	Tidak kuat
11	1.3 kg	Tidak kuat
12	1.4 kg	Tidak kuat
13	1.5 kg	Tidak kuat
14	1.6 kg	Tidak kuat
15	1.7 kg	Tidak kuat
16	1.8 kg	Tidak kuat
17	1.9 kg	Tidak kuat
18	2 kg	Tidak kuat

5.5.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian rangkaian keseluruhan alat bekerja cukup baik sesuai dengan yang direncanakan. Sesuai dengan Tabel 5.6 Ukuran Maksimum barang yang dapat digenggam oleh jari robot berdiameter 18 cm. Jika diameter barang melebihi 18 cm, maka kekuatan genggam jari melemah dan tidak kuat. Ukuran Minimum barang yang dapat digenggam oleh jari robot berdiameter 9 cm. Jika diameter barang kurang dari 9 cm, maka jari robot tidak dapat menggenggam karena faktor mekanisasi jari robot .

Berat barang yang dapat diangkat oleh robot tidak boleh melebihi 1 kg, hal ini karena faktor mekanisasi dari lengan robot.

Dari hasil pengujian rangkaian keseluruhan alat bekerja cukup baik sesuai dengan yang direncanakan. Kelemahan alat pada saat pengujian antara lain:

1. Pada saat mengambil barang, posisi barang di jari biasanya miring tidak tegak lurus.
2. Pada tali penarik lengan robot terkadang keluar dari katrol ban, sehingga masih perlu diperbaiki.
3. Gerakan posisi jari kadang-kadang tidak sama, sehingga perlu diperbaiki pada tali (senar) penggerak jari.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis diperoleh kesimpulan bahwa Prototipe Robot Humanoid Berbasis Mikrokontroler AT89C51 (*Prototype Robot Humanoid using Microcontroller AT89C51*) secara prinsip telah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan, sehingga dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

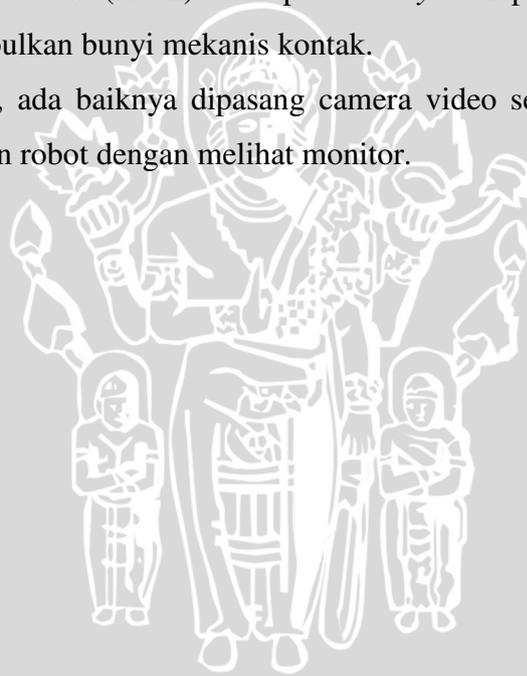
1. Pada saat tombol *push button* (PB1-PB18) ditekan, maka mekanik prototipe robot bergerak dengan baik.
2. Saat mekanik robot menyentuh sensor pembatas *limit switch* (LS0-LS15), maka gerakan mekanik robot akan berhenti.
3. Ukuran minimum dan maksimum barang yang dapat digenggam oleh jari robot berdiameter 9 cm – 18 cm. Jika diameter barang kurang dari 9 cm, maka jari robot tidak dapat menggenggam karena faktor mekanisasi jari robot dan jika diameter barang melebihi 18 cm, maka kekuatan genggam jari melemah dan tidak kuat.
4. Berat barang yang dapat diangkat oleh robot tidak boleh melebihi 1 kg, hal ini karena faktor mekanisasi dari lengan robot.

Berdasarkan hasil pengujian alat secara keseluruhan ini banyak terjadi kelemahan pada mekanisasi alat sehingga diperlukan perbaikan dan perawatan yang tepat dan benar, agar kelemahan-kelemahan yang terjadi bisa dikurangi dan diminimalkan. Apabila alat bekerja tidak sesuai dengan yang direncanakan maka bisa dilakukan penekanan tombol **RESET** (pada papan tombol), sehingga alat akan bekerja normal kembali.

6.2 Saran

Dengan melihat hasil yang telah dicapai dalam perancangan dan pembuatan alat serta dari kesimpulan yang ada, untuk pengembangan lebih lanjut disarankan.

1. Pada saat mengambil barang, posisi barang di jari biasanya miring tidak tegak lurus sehingga perlu dipasang sensor posisi barang agar robot dapat mengambil barang dengan sempurna.
2. Pada tali penarik lengan robot terkadang keluar dari katrol ban, sehingga tali penarik dan katrol perlu diganti dengan bahan yang lain atau sistem yang lain, misalnya: sistem *pneumatic* atau hidrolis.
3. Penambahan sensor pada jari misalnya sensor suhu, sensor warna yang dapat digunakan untuk mendeteksi suhu atau mendeteksi warna barang yang akan diangkat oleh alat ataupun penambahan sensor lainnya.
4. Pada *driver* motor masih menggunakan *relay* bisa diganti dengan transistor atau IC (*Integrated Circuit*) khusus untuk *driver* motor karena dimungkinkan kontak *relay* cepat aus (rusak) dan pada *relay* setiap gerakan kontak-kontaknya menimbulkan bunyi mekanis kontak.
5. Pada kepala robot, ada baiknya dipasang camera video sehingga kita dapat mengontrol gerakan robot dengan melihat monitor.



DAFTAR PUSTAKA

- Atmel, 1997. *AT89C51 8 bit microcontroller wiyh 8 Byte Flash (online)*. Atmel Cooperation. <http://www.atmel.com/89C51.pdf>
- Emsatech. 2002. *Pelatihan Mikrokontroller MCS-51 Programming & Interfacing*. Surabaya:Emsatech education devison.
- Intel,PPI 82C55A, 1996. *CMOS Programmable Peripheral Interface*. Harris Semiconductor. Datasheet PPI 82C55A.pdf
- Joelianto, Gatot. 1997. *Pengetahuan Teknik Listrik*. Malang: Politeknik Unibraw.
- Klafter, Richard D. 1987. *Robotic Engineering*. U.S.A: Prentice Hall International.
- Malvino, Albert Paul. 1992. *Prinsip-Prinsip Elektronik*. Edisi Kedua. Jakarta: P.T. Erlangga.
- Moh, Ibnu. 1997. *Bereksperimen dengan mikrokontroller 8031*. Jakarta: P.T. Gramedia.
- MCS-51 Data Manual. *Data manual book MCS-5*.
- Petruzella, Frank D. 2001. *Elektronika Industri*. Yogyakarta: Penerbit ANDI Yogyakarta.
- S., Wasito. 1994. *Vademekum Elektronika*. Edisi II. Jakarta; P.T. Gramedia Pustaka Utama.
- Yoram K., 1987. *Robotics for engineering*, McGraw-Hill Book Company. Newyork.