

raf

TJ211.415 .M37 2006



0000033069

Projek 'Snakes Robot' / Mohd Asuad Idris.

**PROJEK 'SNAKES ROBOT'**

**MOHD ASUAD BIN IDRIS**

**MAY 2006**

“ Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik (Kuasa Industri)”

Tandatangan :.....  
Nama Penyelia : EN. AHMAD ZAKI BIN HJ. SHUKOR  
Tarikh :.....  
4/5/06

**PROJEK 'SNAKE ROBOT'**


**MOHD ASUAD BIN IDRIS**

**Laporan Ini Dikemukakan Sebagai Memenuhi Sebahagian Daripada Syarat  
Penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik (Kuasa Industri)**

**Fakulti Kejuruteraan Elektrik  
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia**

**May 2006**

“ Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan  
dan petikan yang tiap – tiap satunya saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan : .....  .....

Nama : MOHD ASUAD BIN IDRIS

Tarikh : ..... 4/5/06 .....

**Untuk ayah dan ibu tersayang**

## **PENGHARGAAN**

Alhamdulillah ke hadrat Ilahi kerana dengan izin-Nya saya dapat menyiapkan Projek Sarjana Muda I dan II ini dengan lancar dan sempurna.

Di kesempatan ini juga saya ingin mengucapkan penghargaan terima kasih saya kepada penyelia untuk PSM I saya yang kini menyambung pelajaran ke peringkat Phd di luar negara iaitu En. Muhammad Fahmi Bin Miskon kerana dengan tunjuk ajar dan segala pengetahuan dan juga nasihat darinya saya dapat meneruskan projek ini ke peringkat seterusnya. Selain itu juga saya ingin memberi penghargaan terima kasih juga kepada En. Ahmad Zaki Bin Hj. Shukor yang menjadi penyelia untuk PSM II saya. Beliau telah banyak membantu dan meluangkan banyak masa kepada dalam menyiapkan projek ini terutama dalam proses membuat aturcara.

Selain itu juga, tidak lupa juga kepada ahli panel PSM I iaitu En. Saifulza dan juga En. Fariz kerana telah memberi kerjasama, panduan dan juga berkongsi maklumat dan pendapat tentang projek ini. Selain itu juga tidak lupa kepada En. Mohamed Azmi bin Said yang menjadi panel untuk perbentangan PSM II saya.

Akhir sekali, berbanyak terima kasih saya kepada kedua ibubapa dan ahli keluarga saya yang memahami dan juga memberi dorongan dan bantuan dari segi kewangan bagi menjayakan projek ini. Tidak lupa juga kepada rakan-rakan yang banyak membantu seterusnya berkongsi idea untuk memantapkan dan menjayakan projek ini sehingga sempurna. Segala jasa dan pertolongan amatlah saya hargai.

## ABSTRAK

Laporan ini menerangkan dengan lebih terperinci mengenai teori rekabentuk dan juga hasil pelaksanaan projek yang telah dijalankan untuk pembangunan projek robot yang bergerak secara menggelongsor. Contoh yang terbaik bagi haiwan yang mempunyai pergerakan secara menggelongsor adalah ulat bulu dan juga ular. Pembangunan projek ini mengambil ular sebagai fokus utama. Tujuan utama pembangunan projek ini adalah dari beberapa aplikasi contohnya untuk digunakan dalam operasi mencari dan menyelamatkan mangsa runtuh bangunan selepas gempa bumi dan sebagai alatan bantuan semasa menjalankan pembedahan dalam badan manusia. Selain itu boleh diaplikasikan untuk tujuan hobi diwaktu lapang. Komponen utama dalam pembangunan projek ini ialah penggunaan servo motor dan juga mikropengawal jenis 16F877A. Pelaksanaan projek ini terbahagi kepada 3 bahagian utama iaitu pembangunan bahagian mekanisma, bahagian elektrik dan juga bahagian pengaturcaraan. Hasil daripada pembangunan bahagian mekanisma, satu sistem kerangka robot dihasilkan. Manakala pembangunan bahagian elektrik menghasilkan sistem kawalan r/c (*remote control*) servo motor arus terus. Bahagian pengaturcaraan pula, telah melengkapkan keperluan robot tersebut untuk bergerak secara menggelongsor. Pengaturcaraan ini mengambil berat tentang aturan pergerakan badan ular pada sesuatu masa untuk komponen yang terlibat seperti servo motor dan juga motor arus terus 6v. Akhirnya, pembangunan satu sistem yang lengkap bagi robot ular berjaya dihasilkan dan mencapai target projek.

## ABSTRACT

This report detail explain about the theory of design and also the result of the implementation project that be done to construct the project that can make a movement like slithering. The best example for animal that can make a movement like slithering is caterpillar and snake. This project is taking snake as a focus. The propose of this project is motivated by several application like for search and rescue mission in the aftermath of earthquake, for the medical apparatus like to operate inside human body. Beside that, this project can be as a hobby for free time. The main component of this project is using servo motor and 16F877A of microcontroller. For the implementation of this project has 3 main parts like implement of mechanisms part, electrical part and also programming. From the mechanism part, a system of body structure is constructing. In the electrical part produce a system of servo motor remote control. In the programming part, that will complete this project for slithering movement. This coding concern on the movement order of a snake in certain time with involved component similar to servo motor and direct current motor 6V. Finally, a complete robotic snake system is developed and successively achieves the target.



## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>HALAMAN</b>
	<b>PENGESAHAN PENYELIA</b>	
	<b>TAJUK PROJEK</b>	<b>i</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	<b>ii</b>
	<b>DEDIKASI</b>	<b>iii</b>
	<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
	<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
	<b>ISI KANDUNGAN</b>	<b>vii</b>
	<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>x</b>
	<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>xi</b>
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	<b>xii</b>
	<b>SENARAI SINGKATAN</b>	<b>xiii</b>
<b>1</b>	<b>Pengenalan</b>	
	1.1 Kepentingan Projek	2
	1.2 Penyataan Masalah	2
	1.3 Skop	3
	1.4 Objektif	3
	1.5 Struktur Laporan	3
<b>2</b>	<b>Latarbelakang dan Komponen Utama Robot Ular</b>	
	2.1 Pengenalan Kepada Robot	5
	2.2 Anatomi Robot	6

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>HALAMAN</b>
	2.3 Komponen Robot	6
	2.3.1 Pengolah	6
	2.3.2 Pengawal ( <i>Controller</i> )	7
	2.3.3 Penggerak Dan Pacuan	7
	2.3.4 Penderia	8
	2.4 Sejarah Pengawal Mikro	8
	2.5 Ciri-ciri PIC 16F877A	10
	2.6 Motor Servo	13
	2.7 Bentuk Denyutan PWM	15
	2.8 Motor Arus Terus 6V	16
	2.9 Litar Picuan Motor Arus Terus 6V	19
	2.10 Pengoperasia Litar Tetimbang-H	20
<b>3</b>	<b>GAMBARAN SEBENAR ROBOT ULAR</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>REKABENTUK, PERKAKASAN DAN PERISIAN ROBOT ULAR</b>	
	4.1 Perlaksanaan Eksperimen	29
	4.2 Carta Alir Projek	31
	4.3 Merekabentuk Struktur Badan Robot	33
	4.4 Perlaksanaan Litar Asas Pengawal Mikro	36
	4.5 Urutan Algoritma Motor Servo	37
<b>5</b>	<b>PENCAPAIAN ROBOT ULAR</b>	
	5.1 Keputusan Eksperimen 1 Dan 2	40
	5.2 Pencapaian Projek	44
<b>6</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>CADANGAN DAN KESIMPULAN</b>	<b>48</b>
	<b>RUJUKAN</b>	<b>51</b>

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>HALAMAN</b>
	<b>LAMPIRAN 1</b>	<b>52</b>
	<b>LAMPIRAN 2</b>	<b>89</b>

**SENARAI JADUAL**

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>HALAMAN</b>
2.1	Data Servo Motor Jenis Futuba S3003	14
2.2	Spesifikasi Motor arus Terus	18
4.1	Sudut Pergerakan 6 Motor Servo Dan Motor Arus Terus	39

## SENARAI RAJAH

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>HALAMAN</b>
2.1	Gambarajah PIC 16F877A	10
2.2	Dimensi PIC 16F877A	11
2.3	Contoh Litar Lengkap PIC 16F877A	12
2.4	Servo Motor	14
2.5	Dimensi Servo Motor	15
2.6	Bentuk Denyutan Dan Juga Darjah Pusingan Motor Servo	16
2.7	Motor Arus Terus 6V	17
2.8	Dimensi Motor Arus Terus 6V	19
2.9	IC Jenis L293D	19
2.10	Litar Skematik Tetimbang H	20
2.11	Keadaan Suis Terbuka	20
2.12	Keadaan S1 Dan S4 Tertutup	21
2.13	Keadaan S3 Dan S2 Tertutup	21
3.1	Pandangan Bahagian Atas Robot S1	22
3.2	Pandangan Bahagian Bawah Robot S1	23
3.3	Model Robot S3	23
3.4	Bentuk Robot S3	24
3.5	Motor Yang Menarik Badan Robot S3	24
3.6	Model Robot S4	25
3.7	Litar Pengawal Yang Berada Di Bahagian Hadapan	25
3.8	Kerangka Robot Yang Diperbuat Daripada Aluminium	27
3.9	Plastik Penyambung	27

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>HALAMAN</b>
4.1	Carta Alir Pelaksanaan Projek	32
4.2	Sambungan Carta Alir Pelaksanaan Projek	33
4.3	Lakaran Struktur Badan Robot	34
4.4	Kerangka Robot Yang Telah Siap	34
4.5	Lakaran Struktur Badan Kali Kedua	35
4.6	Struktur Badan Yang Baru	35
4.7	Pemasangan Litar Asas Diatas Protoboard	36
4.8	Pemeterian Litar Asas Diatas Veraboard	36
4.9	Litar Asas Yang Telah Lengkap Disusun Dan Di Pateri	37
4.10	Urutan Algoritma Untuk 2 Servo Motor	38
5.1	Rajah Pergerakan Ular Sebenar	40
5.2	Pecahan Bahagian Badan Ular	41
5.3	Sudut Yang Terhasil Daripada Pergerakan Yang dibuat	41
5.4	Permulaan Pergerakan Bahagian Badan Ular	42
5.5	Gambaran Pergerakan Robot	43
5.6	Bentuk Litar Denyutan Motor Servo	44
5.7	Bentuk Sebenar Robot Ular	45

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>HALAMAN</b>
1	Data Sheet PIC 16F877A	52
2	Journal A System for Speed And Torque Control of DC Motors With Application to Small Snake Robot	89

**SENARAI SINGKATAN**

PIC	-	Peripheral Interface Controller
IC	-	Integrated Circuit
LED	-	Light-Emitting Diode
PWM	-	Pulse Width Modulation
USA	-	United States of America
r/c	-	Remote Control
DC	-	Direct Current
V	-	Voltage
R.U.R	-	Rossum's Univesal Robot
PLC	-	Programmable Logic Controller
PC	-	Personal Computer
MCU	-	Microcontroller Unit
SSP	-	Synchronous Serial Port
TTL	-	Transistor-transistor Logic
ms	-	Millisecond
g	-	gram



## BAB 1

### PENGENALAN

Bab ini akan menerangkan tentang kepentingan projek, pernyataan masalah yang berlaku, skop projek, objektif projek dan yang terakhir ialah struktur laporan.

Secara amnya, projek ini adalah berkaitan dengan merekabentuk dan membangunkan robot yang bergerak menggelongsor yang berpandukan kepada sistem kawalan mikropengawal (*Microcontroller*). Mikropengawal yang digunakan adalah dari jenis PIC 16F877A bagi menghasilkan denyutan untuk memutarakan motor servo. Aturcara yang digunakan untuk mikropengawal ini ialah bahasa C.

Secara umumnya, pembangunan projek ini berkemampuan untuk mengawal setiap bahagian robot ular membuat pergerakan seperti menggelongsor (*slithering*). Ianya akan berpandukan kepada kawalan pengawal mikro dan menggunakan penggerak jenis motor servo arus terus. Di dalam pembangunan projek ini menitikberatkan turutan pergerakan bahagian kerangka robot, pergerakan motor arus terus 6V dan juga pemasaan denyutan PWM (*Pulse Width Modulation*). Selain itu ianya juga merangkumi rekabentuk kerangka robot, berat, saiz, susun atur bahagian kerangka dan juga bahan yang digunakan untuk merekabentuk robot yang stabil dan mudah membuat pergerakan dan fleksibel sewaktu membuat penambahan kerangka.

Projek ini menggunakan pengawal mikro kerana dapat meminimumkan penggunaan komponen selain daripada menjimatkan kos pembelian komponen yang banyak. Selain itu juga, projek ini memberi gambaran sebenar tentang penghasilan sistem pengawalan dan juga penulisan aturcara. Ianya juga meliputi rekaan yang berkaitan dengan konsep mekanikal iaitu merekabentuk kerangka bahagian badan yang menghubungkan antara satu bahagian dan bahagian lain.

## BAB 1

### PENGENALAN

Bab ini akan menerangkan tentang kepentingan projek, pernyataan masalah yang berlaku, skop projek, objektif projek dan yang terakhir ialah struktur laporan.

Secara amnya, projek ini adalah berkaitan dengan merekabentuk dan membangunkan robot yang bergerak menggelongsor yang berpandukan kepada sistem kawalan mikropengawal (*Microcontroller*). Mikropengawal yang digunakan adalah dari jenis PIC 16F877A bagi menghasilkan denyutan untuk memutarakan motor servo. Aturcara yang digunakan untuk mikropengawal ini ialah bahasa C.

Secara umumnya, pembangunan projek ini berkemampuan untuk mengawal setiap bahagian robot ular membuat pergerakan seperti menggelongsor (*slithering*). Ianya akan berpandukan kepada kawalan pengawal mikro dan menggunakan penggerak jenis motor servo arus terus. Di dalam pembangunan projek ini menitikberatkan turutan pergerakan bahagian kerangka robot, pergerakan motor arus terus 6V dan juga pemasaan denyutan PWM (*Pulse Width Modulation*). Selain itu ianya juga merangkumi rekabentuk kerangka robot, berat, saiz, susun atur bahagian kerangka dan juga bahan yang digunakan untuk merekabentuk robot yang stabil dan mudah membuat pergerakan dan fleksibel sewaktu membuat penambahan kerangka.

Projek ini menggunakan pengawal mikro kerana dapat meminimumkan penggunaan komponen selain daripada menjimatkan kos pembelian komponen yang banyak. Selain itu juga, projek ini memberi gambaran sebenar tentang penghasilan sistem pengawalan dan juga penulisan aturcara. Ianya juga meliputi rekaan yang berkaitan dengan konsep mekanikal iaitu merekabentuk kerangka bahagian badan yang menghubungkan antara satu bahagian dan bahagian lain.

## **1.1 Kepentingan Projek**

Projek ini direkacipta untuk memberi ilham kepada pencinta haiwan terutamanya penggemar spesies ular dan juga peminat robot untuk merekabentuk dan mencipta robot yang melibatkan pergerakan selain menggunakan kaki. Selain itu juga, penggunaan litar pengawal mikro didalam projek ini akan memberi kemudahan kepada penciptaan terbaru bagi semua jenis robot pada masa sekarang kerana litar pengawal mikro adalah satu litar kawalan mudah yang boleh mengawal sesuatu komponen seperti motor servo melalui aturcara yang dibuat. Selain itu juga, penggunaan litar pengawal mikro tidak menggunakan banyak komponen didalamnya dan ini dapat menjimatkan kos dan juga tempat dibahagian kerangka robot.

Projek ini juga bertepatan dengan perancangan Fakulti Kejuruteraan Elektrik (FKE) dan Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia (KUTKM) untuk memperkenalkan subjek baru pada 2007 iaitu “Teknologi Mikropengawal” dan juga membantu pelajar yang kreatif untuk mencipta sesuatu menggunakan mikro pengawal ini.

## **1.2 Penyataan Masalah**

Masalah yang lazimnya berlaku apabila membangunkan projek robot yang mempunyai pergerakan secara menggelongsor adalah merekabentuk kerangka, memilih bahan yang sesuai dan juga mengambil ruang yang terhad untuk litar pengawal robot. Selain itu, membuat aturcara yang sesuai untuk menggerakkan setiap bahagian mengikut sela masa dan juga darjah lengkok supaya ianya kelihatan seperti pergerakan ular yang sebenar.

Tujuan utama projek ini dibangunkan adalah untuk menyelesaikan masalah diatas yang melibatkan dari segi mereka bentuk kerangka sehingga membuat aturcara yang membolehkan projek ini bergerak menggelongsor dan mengikut darjah dan pergerakan seperti ular.

### 1.3 Skop

Skop bagi projek ini adalah untuk menggerakkan robot ular ini diatas jalan yang rata dan bergerak secara menggelongsor. Selain itu, projek ini juga memfokuskan kepada darjah pusingan motor servo untuk pergerakan bentuk ular dan juga masa yang sesuai untuk setiap bahagian membuat pergerakan. Kemudian penekanan juga kepada membangunkan aturcara yang sesuai untuk pengawal mikro untuk memusingkan motor servo mengikut darjah dan kuasa bateri yang akan menggerakkan 6 motor servo untuk jangka masa tertentu. Penekanan juga diberikan kepada pengawalan kelajuan motor arus terus 6V yang juga dikawal oleh mikro pengawal untuk memastikan pergerakan yang sekata dan lancar.

### 1.4 Objektif

Bagi mencapai matlamat projek ini, beberapa objektif telah ditetapkan sebagai garis panduan perlaksanaan. Objektif- objektif tersebut adalah :-

- i. Untuk mengkaji pergerakan ular dan aplikasikan kepada projek.
- ii. Untuk menggunakan pengawal mikro bagi mengawal pergerakan motor servo.
- iii. Untuk menggunakan motor servo sebagai komponen utama bahagian kerangka yang akan bergerak.
- iv. Untuk membangunkan robot yang boleh membuat pergerakan seperti ular dan bergerak diatas jalan yang rata.

### 1.5 Struktur Laporan

Pada keseluruhannya, laporan ini bertujuan untuk mendokumentasikan segala konsep, aktiviti dan hasil kerja yang berkaitan dengan perjalanan perlaksanaan projek. Laporan ini lebih menekankan kepada aspek aktiviti mereka bentuk perkakasan dan membangunkan aturcara yang bersesuaian dengan objektif dan skop projek.

Laporan ini mengandungi tujuh bab utama. Kandungan laporan ini bermula dengan bab 1 yang menerangkan mengenai pengenalan projek, kepentingan projek, pernyataan masalah, skop dan juga objektif projek. Selain itu juga, didalam bab ini juga terdapat penerangan tentang struktur laporan dimana dapat mengetahui isi yang terkandung di dalam semua bab.

Bab 2 pula membincangkan dengan lebih mendalam lagi mengenai ciri-ciri robot ular yang terdiri daripada pengenalan kepada dunia robot, kajian mengenai PIC 16F877A, kajian mengenai motor servo dan juga membincangkan bentuk denyut PWM (*pulse width modulation*) secara teori.

Bab 3 menerangkan tentang gambaran atau kaji selidik projek ini dimana mengkaji dan menyelidik projek-projek yang sedia ada dari segi bahan yang digunakan dalam mereka bentuk kerangka robot dan juga komponen kawalan yang digunakan.

Dalam bab 4 pula akan menerangkan tentang rekabentuk dan perkakasan projek dimana mengandungi 2 eksperimen yang telah dibuat untuk memastikan projek ini siap mengikut objektif. Selain itu membincangkan tentang carta alir projek, urutan algoritma motor dan juga aturcara bahasa C.

Bab 5 pula akan menerangkan tentang pencapaian projek dimana akan diterangkan keputusan yang didapati daripada dua eksperimen yang dijalankan dan juga kejayaan yang dicapai.

Perbincangan pula akan terkandung di dalam bab 6 untuk mengenalpasti kesesuaian projek dengan objektif yang dibuat dan juga masalah semasa pelaksanaan projek.

Di dalam bab 7 pula menerangkan kesimpulan dan juga cadangan bagi meningkatkan kualiti projek ini pada masa depan.

## BAB 2

### LATARBELAKANG DAN KOMPONEN UTAMA 'SNAKE ROBOT'

Dalam bab ini akan menerangkan mengenai pengenalan kepada robot dan juga latar belakang yang berkaitan dengan komponen yang digunakan dalam pembangunan projek ini seperti servo motor, pengawal mikro PIC 16F877A dan juga motor arus terus 6V.

#### 2.1 Pengenalan Kepada Robot

Perkataan robot adalah berasal daripada perkataan bahasa Slavic yang beerti pekerja. Ianya diperkenalkan pada tahun 1921 oleh penulis Czech, Karl Capek yang menulis drama lucu R.U.R (*Rossum's Univesal Robot*). Dalam drama ini robot bermaksud buruh paksa; mesinnya menyerupai manusia tetapi bekerja sekali ganda lebih kuat. Dalam tahun 1950, Isaac Asimov memasyhurkan lagi nama robot dengan menulis bukunya "*I Robot*" di samping memperkenalkan beberapa peraturan yang berkaitan dengan watak robot yang menyerupai manusia.

*Robotics Industries Association* mentakrifkan robot merupakan suatu pengolah yang boleh diaturcara secara berulang serta menjalankan bermacam fungsi, direkabentuk untuk memindahkan bahan, peralatan atau peranti khususnya menerusi pelbagai pergerakan yang diaturcara bagi melaksanakan pelbagai tugas yang diarahkan.

Robotik merupakan satu cabang sains yang melibatkan pengajian sistematik tentang robot. Kajian lebih tertumpu kepada robot yang diorientasikan aplikasi di

industri perkilangan. Robot merupakan satu contoh sistem mekatronik kerana ianya melibatkan secara langsung bahagian atau disiplin elektrik dan elektronik, mekanikal dan kawalan computer.

## 2.2 Anatomi Robot

Ianya melibatkan pembinaan secara fizikal – mesin yang terdiri daripada badan (*body*), lengan (*arm*) dan juga pergelangan (*wrist*). Kebanyakan robot dipasang tetap pada lantai. Badan dilekat pada tapak dan lengan dipasang pada badan. Dihujung lengan ialah pergelangan. Pergelangan terdiri daripada beberapa komponen yang membolehkannya berada pada pelbagai kedudukan. Pergerakan bandingan antara badan, lengan dan pergelangan dihasilkan oleh sendi (*joint*). Pemasaan badan, lengan dan pergelangan dikenali sebagai pengolah (*manipulator*). Di bahagian pergelangan biasanya sejenis pengesan hujung dipasang.

## 2.3 Komponen Robot

Di dalam pembangunan projek ini, terdapat beberapa komponen yang menjadi nadi kepada pelaksanaan projek ini mengikut skop dan juga objektif. Antara komponen utama yang diberi penekanan ialah pengolah dimana ianya melibatkan pada bahagian struktur kerangka robot seperti sendi dan juga pengikat atau penyambung antara 2 kerangka. Kemudian penekanan juga diberikan kepada pengawal iaitu yang menjadi perkara penting kerana ianya akan memastikan pergerakan yang mengikut jujukan yang dikehendaki dan juga penerima dimana sebagai pemandu kepada pergerakan robot.

### 2.3.1 Pengolah

Terdiri daripada beberapa hubungan (*linkage*) mekanikal dan sendi yang membolehkan pergerakan pelbagai arah dilakukan. Pengesan hujung (*end - effector*) di pasang pada hujung lengan untuk melakukan tugas tertentu sebagai penggenggam

(*gripper*), alat gerudi (*drill*), alat kimpal (*weld gun*), lengan vakum (*vacuum hand*) dan lain-lain. Peranti suap balik dipasang pada bahagian tertentu pengolah untuk menentukan kedudukannya. Suis had (*limit switch*) boleh digunakan untuk pergerakan robot “ambil dan letak” atau penerima kedudukan seperti pengekod dan meter upaya bagi kes robot kawalan servo. Data suapbalik boleh berbentuk analog atau digit. Lengan dan sendi biasanya dipacu oleh penggerak hidrolik, elektrik dan pneumatik.

### 2.3.2 Pengawal (*Controller*)

Terdapat 3 fungsi utama pengawal iaitu:

- i. Menyimpan aturcara dalam ingatan termasuk data jujukan dan kedudukan.
- ii. Memula, menamat dan mengawal pergerakan robot mengikut jujukan dan titik yang dikehendaki.
- iii. Sebagai pengantaramuka (*interface*) dengan dunia luar.

Di antara jenis-jenis pengawal adalah mikro pengawal, penjujuk langkah (*step sequencer*), pengawal logic boleh aturcara ( *PLC – Programmable Logic Controller*) dan sebagainya.

### 2.3.3 Penggerak dan Pacuan

Pengolah digerakkan bagi menjalankan tugas yang diinginkan menggunakan mekanisma penggerak. Tiga jenis penggerak yang lazim ialah sistem hidraulik, pneumatik dan elektrik. Kegunaannya bergantung kepada beberapa ciri yang ditetapkan. Terdapat beberapa mekanisma penghantaran kuasa seperti penggunaan sistem gear, tali sawat dan rantai.