


Saya/Kami akui bahawa telah membaca karya ini dan pada pandangan saya/kami karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal(Rekabentuk dan Inovasi)

Tandatangan :  .....

Nama Penyelia : EN. FAIZ REDZA BIN RAMLI

Tarikh : 24 APRIL 2009

**MEREKABENTUK DAN MENGANALISA  
MEKANISMA PERGERAKAN TANGAN MEKANIKAL MENGGUNAKAN  
LEGO MINDSTORMS**

**MOHD. SYAFIQ BIN MD.TAIB**

Laporan ini dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal(Rekabentuk & Inovasi)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

**MEI 2009**

## **PENGHARGAAN**

Alhamdulillah. Jutaan kesyukuran dipanjatkan kepada Allah S.W.T. kerana dengan izin kurnianya Projek Sarjana Muda ini berjaya disiapkan dengan jayanya.

Sekalung penghargaan diucapkan kepada En. Faiz Redza, selaku penyelia projek yang banyak memberi panduan dan nasihat sepanjang penghasilan projek ini.

Tidak lupa kepada ibu bapa yang sentiasa memberi dorongan bagi memastikan projek ini berjaya dilengkapkan sebaik mungkin. Ribuan terima kasih juga diucapkan kepada rakan-rakan yang tidak jemu membantu sama ada secara langsung mahupun tidak langsung dalam usaha menyiapkan projek ini. Semoga laporan ini mampu dijadikan sebagai panduan berguna untuk pelajar lain pada masa akan datang.

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

Tandatangan : .....

Nama penulis : MOHD SYAFIQ BIN MD TAIB

Tarikh : MEI 2009

## ABSTRAK

Projek Merekabentuk dan Menganalisis Tangan Mekanikal menggunakan LEGO Mindstorms ini dijalankan bagi memenuhi keperluan Projek Sarjana Muda. Projek ini adalah mengenai mengenai kajian terhadap mekanisma pergerakan sesebuah tangan mekanikal. LEGO Mindstorms adalah satu set mekanikal yang sangat sesuai digunakan bagi mengkaji pergerakan serta mekanisma tangan mekanikal. Justeru, pemilihan LEGO Mindstorms adalah amat sesuai bagi tujuan kajian projek ini. Keseluruhan laporan projek ini mengandungi tujuh(7) bab dan setiap bab menghuraikan setiap fasa pembangunan sistem ini. Permulaan bab dimulakan dengan Pengenalan, Kajian Ilmiah, Projek Metodologi, Merekabentuk Model, Pengaturcaraan Menggunakan LabVIEW, Analisis Keputusan, serta Kesimpulan Projek. Di akhir projek ini diharapkan segala maklumat berguna dan penting berkaitan mekanisma pergerakan tangan mekanikal dapat dikenalpasti dan diguna pakai untuk tujuan kajian yang lebih mendalam pada masa akan datang. Diharapkan projek ini dapat diperbaiki untuk kegunaan pada masa hadapan.

## **ABSTRACT**

This Design and Analysis of Mechanical Hand Using LEGO Mindstorms project is developed in order to fulfill the Projek Sarjana Muda (PSM) requirements. The project is concerning about how to create and study the mechanism of a mechanical hand using LEGO Mindstorms. LEGO Mindstorms is the best mechanical model to study the mechanism and the reliability of a mechanical hand. The report consists seven (7) chapters in and each chapter describes about each phases of the development. Starting with Introduction, Literature Review and Project Methodology, Design Product, Programming Using LabVIEW, Results Analysis and Project Conclusion. At the end of this project, hopefully all important information regarding to mechanism of a mechanical hand can be obtain and be used for further study. It is really hoped that the system will be enhanced in the future in order to make it more efficient to be used for the organizations.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	<b>ii</b>
	<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
	<b>KANDUNGAN</b>	<b>v</b>
	<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>viii</b>
	<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>x</b>
<b>BAB I</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
	1.1 Latar belakang projek	1
	1.2 Skop	2
	1.3 Pernyataan masalah	3
	1.4 Objektif	5
	1.5 Kesimpulan	5
<b>BAB II</b>	<b>Kajian Ilmiah</b>	<b>6</b>
	2.1 Pengenalan kepada robot	6
	2.2 Sistem tangan mekanikal	8
	2.2.1 Tangan manusia sebagai rujukan	8
	2.2.2 Contoh-contoh hasil kajian sistem tangan mekanikal	11
	2.3 LEGO Mindstorms	16
	2.3.1 Latar belakang	16
	2.3.2 Komponen-komponen LEGO Mindstorms NXT	18

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	2.3.3 Perisian LEGO MINDSTORMS Education NXT	29
	2.4 LabVIEW	31
	2.4.1 <i>LabVIEW Toolkit for LEGO MINDSTORMS NXT</i>	32
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>33</b>
	3.1 Carta alir gerak kerja	33
<b>BAB IV</b>	<b>MEREKABENTUK MODEL</b>	<b>38</b>
	4.1 Pengenalan	38
	4.2 Proses melakar bentuk model	39
	4.2.1 Penjanaan idea dan konsep	39
	4.2.2 Melukis model	41
	4.3 Memasang model sebenar	47
<b>BAB V</b>	<b>PENGATURCARAAN</b>	<b>53</b>
	5.1 Pengenalan	53
	5.2 LabVIEW Toolkit For LEGO MINDSTORMS NXT	54
	5.3 Membuat pengaturcaraan	57
<b>BAB VI</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>68</b>
	6.1 Pengenalan	68
	6.2 Keputusan ujian	69
	6.2.1 Ujian Pergerakan	69
	6.2.2 Ujian Pegang dan Pindah	87
	6.2.3 Ujian Kawalan Pergerakan Secara Manual Menggunakan Sensor	98



<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>BAB VII</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>104</b>
	4.1 Kesimpulan projek	104
	4.2 Cadangan	105
	<b>RUJUKAN</b>	<b>106</b>
	<b>BIBLIOGRAFI</b>	<b>107</b>

## SENARAI RAJAH

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Anatomi tangan manusia	9
2.2	Beberapa gambaran tentang gengaman tangan manusia	10
2.3	Shadow Dextrous Hand	11
2.4	Struktur kinematik tangan mekanikal Shadow Dextrous	13
2.5	Lakaran Prosthetic Arm	15
2.6	Set LEGO Mindstorms	16
2.7	NXT Brick	18
2.8	Port Input	19
2.9	Port output dan port USB	20
2.10	Servo motor	21
2.11	Binaan dalaman servo motor	21
2.12	Pengesan sentuhan	22
2.13	Fungsi-fungsi pengesan sentuhan	22
2.14	Pengesan cahaya	23
2.15	Perbandingan antara pandangan mata manusia dan pengesan cahaya	23
2.16	Pengesan bunyi	24

2.17	Pengesan ultrasonic	25
2.18	Paparan antara muka perisian NXT	29
2.19	Logo LabVIEW	31
2.20	Contoh pengaturcaraan menggunakan LabVIEW	31
2.21	Contoh pengaturcaraan menggunakan komponen LabVIEW Toolkit For LEGO MINDSTORMS NXT	32
3.1	Carta alir gerak kerja	33
3.2	Proses merekabentuk model	35
4.1	Mekanisma pergerakan konsep model tangan tangan mekanikal 1	39
4.2	Mekanisma pergerakan konsep model tangan tangan mekanikal 2	40
4.3	Lukisan tapak model tangan mekanikal	42
4.4	Lukisan bahagian pusat yang disambungkan ke bahagian tapak	43
4.5	Lukisan gear pandu dan gear terpandu di bahagian pusat	43
4.6	Lukisan bahagian siku	45
4.7	Lukisan bahagian jari	46
4.8	Bahagian kaki yang dipasang kemudian	52
4.9	Model tangan mekanikal yang siap dipasang	52
5.1	Kategori-kategori utama LabVIEW Toolkit For LEGO MINDSTORMS NXT	56
5.2	While Loop	57

5.3	Case Structure	57
5.4	Pengaturcaraan Uji Gerak 1	58
5.5	Pengaturcaraan Uji Gerak 2	59
5.6	Carta alir pengaturcaraan Uji Gerak	60
5.7	Pengaturcaraan Uji Jari	61
5.8	Carta alir pengaturcaraan Uji Jari	62
5.9	Pengaturcaraan Pegang dan Pindah 1	63
5.10	Pengaturcaraan Pegang dan Pindah 2	64
5.11	Carta alir pengaturcaraan Pegang dan Pindah	65
5.12	Pengaturcaraan Sistem Kawalan Jauh	66
6.1	Kedudukan pembolehubah yang diubah-ubah dalam pengaturcaraan Uji Gerak 1	70
6.2	Kedudukan gear-gear di bahagian pusat	71
6.3	Kedudukan pembolehubah yang diubah-ubah dalam pengaturcaraan Uji Gerak 2	77
6.4	Kedudukan gear-gear di bahagian siku	78
6.5	Kedudukan pembolehubah yang diubah-ubah dalam pengaturcaraan Uji Jari	83
6.6	Kedudukan gear-gear di bahagian jari	84
6.7	Komponen di bahagian siku yang membataskan pergerakan ke belakang	86
6.8	Bahagian pembolehubah yang memainkan peranan untuk menentukan jumlah kuasa motor yang ingin digunakan	88

6.9	Komponen-komponen yang perlu diubah kuasa motornya untuk menilai hasil yang berbeza	90
6.10	Hasil pengaturcaraan pergerakan dengan sensor	92
6.11	Hasil pengaturcaraan pergerakan tanpa sensor	93
6.12	4 butang sensor sentuhan yang berfungsi sebagai alat kawalan	98
6.13	Butang NXT yang turut bertindak sebagai alat kawalan.	98

## **BAB I**

### **Pengenalan**

#### **1.1 Latar belakang projek**

Dalam era globalisasi yang serba canggih ini, pelbagai rekaan dan ciptaan telah dihasilkan bagi membantu manusia dalam pelbagai cabang kehidupan seharian. Kepsatan pembangunan ini dapat dilihat dengan penggunaan pelbagai peralatan yang canggih selaras dengan peningkatan teknologi yang telah berjaya dicapai.

Penciptaan robot yang semakin banyak pada hari ini merupakan salah satu contoh kepada kepsatan pembangunan teknologi. Pelbagai jenis robot telah dicipta, bergantung kepada fungsinya yang tersendiri.

Antara jenis robot yang dicipta ialah tangan mekanikal. Penggunaan tangan mekanikal agak meluas jika dibandingkan dengan jenis-jenis robot lain yang berada di pasaran. Kita boleh dapati bahawa tangan mekanikal telah digunakan dalam berbagai-bagai bidang kehidupan seharian, termasuklah untuk perindustrian, perubatan, sukan, dan sebagainya. Bentuknya juga

berbeza-beza, bergantung kepada fungsinya dan juga bagaimana ianya digunakan.

Justeru, dalam projek ini, satu model tangan mekanikal akan dibina menggunakan LEGO MINDSTORMS bagi mengkaji mekanisma pergerakan tangan mekanikal tersebut, di samping menguji keupayaan robot tersebut untuk menggarap sesuatu objek. Projek ini mampu memberi kefahaman yang lebih jelas tentang penggunaan tangan mekanikal dalam pelbagai cabang kehidupan seharian.

## **1.2 Skop**

### **1.2.1 Pengenalan kepada LEGO MINDSTORMS.**

Sebelum meneruskan projek, sedikit kajian tentang LEGO MINDSTORMS telah dilakukan bagi mengenali produk dengan ini lebih lanjut. Pengetahuan yang mendalam terhadap produk ini membantu saya untuk menggunakannya dengan cara dan kaedah yang betul dan mampu disesuaikan dengan apa yang ingin dihasilkan dalam projek ini, iaitu model tangan mekanikal.

### **1.2.2 Merekabentuk**

Model tangan mekanikal ini direkabentuk melalui beberapa kaedah yang difikirkan sesuai. Ini termasuklah menggunakan perisian seperti Solidworks 2007 yang lazimnya digunakan dalam bidang kejuruteraan. Perisian berkaitan rekabentuk model LEGO MINDSTORMS juga digunakan, seperti MLCAD dan LEGO Digital Designer. Tidak lupa juga dengan cara memasang komponen-komponen LEGO MINDSTORMS secara cuba-jaya.

### **1.2.3 Membina model**

Model tangan mekanikal dibina dengan menggunakan LEGO MINDSTORMS yang telah dibekalkan.

### **1.2.4 Pengaturcaraan**

Pergerakan LEGO MINDSTORMS ini dikawal dan diprogram menggunakan perisian LabVIEW 8.5.

### **1.2.5 Analisis**

Melakukan analisis terhadap model yang telah siap dibina. Analisis dilakukan bagi mengenalpasti faktor-faktor pengehad, membandingkan keputusan mekanisma pergerakan model sebenar dengan keputusan daripada perisian yang digunakan. Selain itu, analisis juga dijalankan bagi mengelakkan model yang dihasilkan tidak lari daripada spesifikasi yang ditetapkan.

## **1.3 Pernyataan masalah**

Dalam usaha saya untuk menghasilkan sebuah model tangan mekanikal(mechanical hand) menggunakan LEGO MINDSTORMS, terdapat beberapa masalah yang telah berjaya dikenalpasti. Masalah-masalah inilah yang perlu ditangani dengan mencari penyelesaian terbaik bagi memastikan projek ini berjaya disempurnakan dengan jayanya.

Masalah pertama yang perlu diambil kira ialah tentang apakah rekabentuk model tangan mekanikal yang paling sesuai boleh dihasilkan dengan menggunakan LEGO MINDSTORMS.



Rekabentuk yang perlu dihasilkan adalah terbatas kepada komponen-komponen yang dibekalkan bersama-sama set LEGO MINDSTORMS, atau lebih dikenali sebagai *Bricks*. Dengan erti kata lain, model tersebut perlulah direka dengan mengambil kira *Bricks* yang hanya terdapat dalam jumlah dan bentuk yang terhad.

Masalah kedua ialah bagaimana hendak menggerakkan model tangan mekanikal ini sebagaimana yang kita kehendaki. Beberapa perisian pengaturcaraan atau *programming software* yang difikirkan sesuai perlu dikenalpasti bagi memastikan model ini mampu bergerak untuk menggarap objek dan memindahkannya dari satu tempat ke tempat lain. Perisian yang bakal digunakan juga perlulah perisian yang lazimnya digunakan dalam bidang kejuruteraan.

Selain itu, selepas selesai menyempurnakan rekabentuk model dan memilih perisian yang sesuai, langkah dan kaedah yang sesuai perlu difikirkan untuk menguji pergerakan model ini bagi memastikannya mampu berfungsi seperti yang diharapkan. Ujian yang akan dilakukan perlulah mengambil kira kombinasi antara mekanisma pergerakan model tersebut dengan program pengaturcaraan yang telah ditetapkan.

Masalah seterusnya ialah bagaimana hendak mengenalpasti faktor-faktor pengehad(*limitation factors*) model ini, seperti jenis-jenis objek yang boleh digarap, berat minimum dan maksimum objek, saiz objek, dan lain-lain lagi.

Masalah terakhir yang telah dikenalpasti ialah bagaimana hendak menentukan model yang telah siap dibina tidak lari daripada spesifikasi yang telah ditetapkan. Ini penting bagi memastikan model tersebut berada dalam keadaan terbaik dan mampu berfungsi sebaiknya untuk tempoh masa yang lama.

## 1.4 Objektif

Antara objektif projek ini ialah:

- i. Merekabentuk model tangan mekanikal menggunakan LEGO MINDSTORMS.
- ii. Menggunakan perisian pengaturcaraan LabVIEW 8.5 untuk menggerakkan model tangan mekanikal tersebut.
- iii. Membuat beberapa ujian pergerakan terhadap model tersebut bagi memastikannya mampu berfungsi sebagaimana yang diprogramkan.
- iv. Mengenalpasti kemampuan sebenar model yang telah dihasilkan.
- v. Membuat perbandingan keputusan antara mekanisma pergerakan sebenar model tersebut dengan analisis yang telah dibuat menggunakan perisian pengaturcaraan.

## 1.5 Kesimpulan

Secara kesimpulannya, Bab I ini menerangkan tentang pengenalan awal serta penerangan ringkas tentang projek tangan mekanikal ini, iaitu merangkumi skop projek ini sepanjang proses pelaksanaan, pernyataan masalah yang dihadapi, serta objektif yang ingin dicapai.

## **BAB II**

### **KAJIAN ILMIAH**

#### **2.1 Pengenalan kepada robot**

Dewasa ini, pelbagai jenis robot telah dihasilkan seiring dengan kemajuan teknologi yang kian membangun dengan pesatnya. Robot-robot ini dibina dengan bermacam-macam tujuan dan digunakan dalam pelbagai cabang bidang kehidupan manusia, termasuklah dalam bidang pembuatan, servis pembungkusan, pengangkutan, penerokaan bumi dan angkasa lepas, perubatan, system pertahanan dan sebagainya.

Perkataan robot mula digunakan pada tahun 1921 melalui sebuah filem Karel Capek yang bertajuk R.U.R.(Rossum's Universal Robots). Perkataan robot berasal daripada perkataan 'robota', istilah bagi rakyat Czech yang merujuk kepada buruh paksa. Walaubagaimanapun, definisi robot yang sebenar adalah jauh lebih meluas. Mengikut Kamus Dewan (Edisi Ketiga, Dewan Bahasa dan Pustaka, 1994), robot didefinisikan sebagai mesin automatic yang diprogramkan untuk bergerak dan melakukan sesetengah kerja bagaikan seorang manusia.

Encyclopaedia Britannica mendefinisikan robot sebagai sebarang mesin automatic yang mampu menggantikan kerja-kerja manusia, walaupun ia tidak mempunyai persamaan dengan manusia dari segi penampilan mahupun sifat manusia.

Menurut Rodney Brooks, pengarah Massachusetts Institute of Technology Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory berkata: “Robot adalah sesuatu yang memberi sedikit kesan kepada dunia, tetapi itu bergantung kepada bagaimana ia mengenali dunia dan bagaimana dunia di sekelilingnya berubah.”

Kebiasaannya, sesuatu robot itu mempunyai sebahagian atau kemungkinan juga kesemua sifat-sifat berikut:

- Dicipta melalui sistem kepintaran
- Boleh berinteraksi dan memanipulasi persekitaran
- Mempunyai keupayaan untuk membuat keputusan berdasarkan keadaan persekitaran.
- Telah diprogramkan
- Bergerak dengan satu atau lebih paksi putaran
- Bergerak tanpa campurtangan manusia secara terus

Memang tidak dinafikan terdapat pelbagai jenis robot yang boleh didapati pada hari ini. Walaubagaimanapun, dalam projek ini, jenis robot yang akan dikaji dan diberi perhatian adalah robot system tangan mekanikal.

## 2.2 Sistem tangan mekanikal

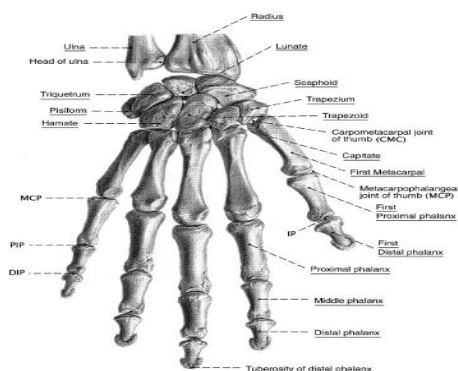
Sistem tangan mekanikal merupakan salah satu jenis robot yang terdapat dalam penggunaan kehidupan seharian. Bagi kebanyakan robot, sistem tangan mekanikal adalah asas kepada pergerakan mereka.

Pada hari ini, pelbagai kajian telah dilakukan bagi menghasilkan pelbagai jenis sistem tangan mekanikal. Setiap satunya mempunyai keupayaan yang berbeza, bergantung pada tujuan penciptaan tangan mekanikal tersebut.

Bagaimanapun, fungsi utama bagi setiap sistem tangan mekanikal yang dicipta ini adalah supaya ia dapat memegang dan menggenggam sesuatu. Kajian yang mendalam terhadap bagaimana sistem tangan mekanikal bertindak untuk memegang dan menggenggam sesuatu objek adalah sangat penting bagi memastikan robot tersebut mampu untuk beroperasi sebaiknya.

### 2.2.1 Tangan manusia sebagai rujukan

Umum ketahuilah bahawa tangan manusia adalah satu bentuk sistem mekanikal kompleks terbaik pernah wujud, mampu bergerak dalam pelbagai arah pergerakan dan sangat berkuasa melakukan berbagai-bagai kerja. Justeru, untuk mencipta sebuah sistem tangan mekanikal yang baik, rujukan terhadap tangan manusia amat diperlukan.



Rajah 2.1 : Anatomi tangan manusia

(sumber: Construction and Animation of Anatomically Based Human Hand Models, Irene Albrecht, Jörg Haber, and Hans-Peter Seidel)

Terdapat lebih 30 otot yang bertindak untuk lengan dan tangan. Tangan manusia mempunyai 27 tulang utama, dan sekurang-kurangnya 18 sendi pergerakan, dan lebih 27 atau lebih darjah kebebasan(degrees of freedom). Fungsi utama lengan adalah untuk meletakkan tangan pada posisi yang sesuai, manakala tangan pula berfungsi bagi membolehkan manusia berinteraksi dengan persekitaran.

Gabungan kesemua tulang dan sendi-sendi pada tangan manusia telah membentuk satu sistem mekanikal yang sangat hebat. Setiap daripada bahagian tulang dan sendi tersebut memainkan peranannya yang tersendiri dalam satu-satu masa. Daya-daya yang bertindak pada setiap bahagian tangan manusia membolehkannya bergerak dan berfungsi dengan lancar. Keseragaman dan kelancaran inilah yang perlu dikaji sebaiknya dalam usaha menghasilkan sistem tangan mekanikal yang terbaik.

Dalam kajian bertajuk 'Physically Based Grasping Control from Example' oleh Nancy S.Pollard dan Victor B.Zordan, mereka telah melakukan kajian berkomputer tentang bagaimana tangan manusia menggenggam sesuatu objek. Antara aspek yang perlu diambil kira ialah kekuatan genggam dan sistem kawalan.

### *Profail mekanikal*

#### a) Dimensi

Sistem tangan mekanikal ini dibina berasaskan bentuk tangan lelaki biasa.

Berikut dimensi robot ini:

Jadual 2.1: Dimensi Shadow Dextrous Hand

BAHAGIAN	DIMENSI
Panjang jari	100mm
Panjang tapak tangan	99mm
Tebal tapak tangan	22mm
Lebar tapak tangan	84mm
Panjang lengan ke pergelangan tangan	434mm

#### b) Berat

Berat keseluruhan robot ini adalah sebanyak 3.9 kg.

#### c) Material

Secara keseluruhannya, sistem tangan mekanikal ini dibina dengan kombinasi logam dan plastik.

Jadual 2.2: Jenis-jenis material yang digunakan dalam Shadow Dextrous Hand

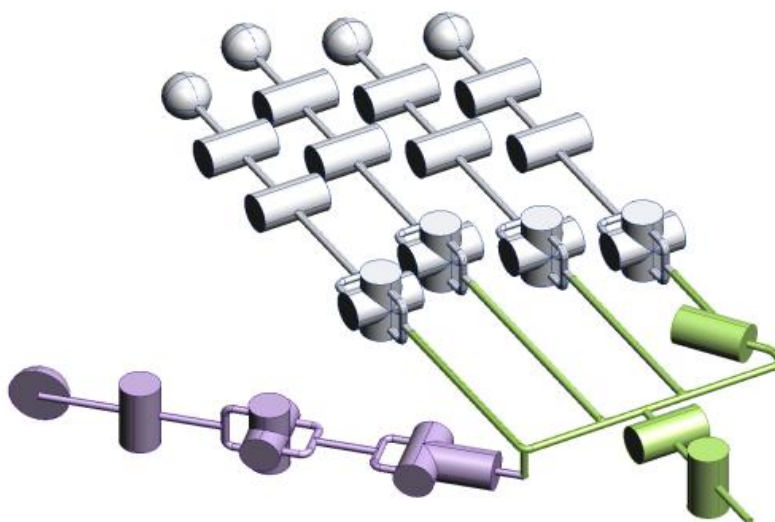
Tulang lengan	Besi
Tapak tangan	Acetyl, aluminium, polycarbonate
Jari	Acetyl, aluminium, polycarbonate, polyurethane
Tapak	Acetyl, getah, brass, cork

### ***Konfigurasi robot***

Protokol yang digunakan membolehkan pelbagai konfigurasi khusus sistem dilakukan. Ini termasuklah:

- Menggerak dan mematikan komponen robot tersebut
- Mengawal kadar penyampaian transmisi
- Mengubah *PID controller sensor*
- Reset komponen

### ***Struktur kinematik:***



Rajah 2.4: Menunjukkan struktur kinematik sistem tangan mekanikal Shadow Dexterous.

(Sumber: <http://www.shadowrobot.com/hand/techspec.shtml>)