

PEMBEDAHAN ROBOTIK MENGGUNAKAN ADEPT COBRA

MOHD NASIR AYOB

Universiti Sains Malaysia

2006

ABSTRAK

Pada masa ini, perkembangan bidang teknologi telah banyak mempengaruhi bidang-bidang lain. Dalam bidang perubatan, penggunaan teknologi moden diserapkan secara meluas. Projek ini bertujuan untuk menguji keupayaan robot industri membantu jurubedah melakukan pembedahan.. Skop projek termasuk merekabentuk pemegang, menggunakan alatan bedah sebenar, menggunakan tengkorak yang dihasilkan daripada proses prototaip dan mengaturncara program V+. Selain itu, kamera juga digunakan sebagai penderia penglihatan kepada robot. Imej yang dihasilkan diproses dengan menggunakan aturcara V+. Terdapat kelemahan dalam pemprosesan imej menggunakan V+ iaitu masa pemprosesan yang agak lama. Ini disebabkan keseluruhan sistem menggunakan pengawal Adept sepenuhnya. Ini termasuklah mikropemproses dan juga RAM. Langkah yang diambil adalah dengan melaksanakan pemprosesan yang ringkas dan mencukupi untuk mendapatkan nilai sentroid pada objek yang menjadi sasaran. Piksel didalam imej ditukarkan ke koordinat nyata didalam unit millimeter. Asalan koordinat ini adalah asalan kepada koordinat robot. Penggunaan kamera hanya terbatas pada ruang 2 dimensi sahaja iaitu pada satah X-Y robot. Oleh itu pada paksi-z, contohnya untuk memberhentikan robot apabila hujung lengan menyentuh sesuatu permukaan sukar untuk dikaji secara pemprosesan imej kamera. Penderia daya digunakan dalam mengatasi masalah ini. Penderia pada robot Adept disetkan pada satu nilai supaya apabila ia mengesan daya melebihi satu daya ambang maka robot akan dihentikan dengan serta-merta. Daya pada penderia robot dapat dibaca sepanjang masa samada ketika robot sedang bergerak atau dalam keadaan statik. Semasa eksperimen dijalankan untuk menebuk lubang pada tengkorak didapati terdapat bahagian-bahagian tengkorak yang tidak dapat dilaksanakan. Ini disebabkan oleh konfigurasi lengan robot yang tidak dapat digerakkan secara condong untuk ke positif atau ke negatif paksi -z.

ABSTRACT

Nowadays, the growth of technology field causes the other field to take the advantage. In medical field, robot is assign to assist surgeon in surgery. The project is done to measure the ability of industrial robot to perform the surgery task. The scope of the project includes design and build up the gripper, using the real surgery equipment, prototype skull and write the programming language using Adept V+. Camera is used as the vision sensor system for the robot. The grabbed image from the camera is then being process using V+ programming. One of a major disadvantage of image processing using V+ is the processing time is quite long. So if the camera is set to monitor the distance between centroid and robot while the robot moves is not practical. This is because the system is completely controlled by the Adept controller where the capacity and speed of the processor and RAM are small compared to PC system. The step being used is to capture the image once each time the centroid is interested. The image processing is also being simplified and is sufficient to determine the centroid of the object. Coordinate in image window is converted to millimeter and base on the robot's coordinate system. The limitation of the camera is that it is only capturing image in 2 dimensions while the robot workspace is in 3 dimensions. The camera is meant only to measure distance in 2 dimensions which is X-Y plane. So in z-axis for example, when the robot is moving downward to the object then the distance between the effector is difficult to be measured. Force sensor is used to overcome this problem. The sensor is set to trigger when the force reading exceed the threshold value. Then the robot is set to stop immediately when the robot touch the skull. The limitation of using Adept Cobra in surgery is the articulation of the robot which is the arm cannot be moved diagonally to approach the skull. Because the surface of the skull is not flat then the robot must be able to approach the skull and moving into the drilled hole in perpendicular direction to skull's surface.

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur saya kehadiran Ilahi kerana dengan limpah kurnia dan izinnya, dapat saya menyiapkan projek tahun akhir ini.

Setinggi-tinggi penghargaan saya kepada penyelia projek ini, iaitu Professor Madya Dr Mohd Zaid Bin Abdullah yang telah banyak membimbing dan memberi tunjuk ajar sepanjang menyiapkan projek ini. Di samping itu, beliau juga banyak membantu dengan menyumbangkan pandangan dan pendapat sepanjang menyiapkan projek ini. Garis panduan yang telah diberikan membolehkan projek ini dapat dilaksanakan dengan sempurna mengikut perancangan yang telah ditetapkan.

Setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada Dr Saufi Bin Awang dari USM Kubang Kerian kerana penglibatan beliau secara langsung di dalam melaksanakan projek ini. Dengan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki, beliau banyak membantu dalam melaksanakan dan memberi informasi yang berguna dengan tujuan projek ini dapat memenuhi objektif yang ditetapkan.

Sekalung penghargaan ini saya tujukan juga kepada ibubapa saya yang banyak memberi sokongan dan nasihat serta doa restu mereka selama ini. Tidak lupa juga kepada rakan-rakan yang banyak memberi sokongan dan pandangan sepanjang melaksanakan projek ini.

Akhir sekali, ribuan terima kasih juga diucapkan kepada mereka yang terlibat secara langsung dan secara tidak langsung dalam menyiapkan projek pembedahan robotic menggunakan Adept Cobra ini.

KANDUNGAN

	Muka surat
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
PENGHARGAAN.....	iv
KANDUNGAN.....	v
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Objektif.....	1
1.3 Perlaksanaan projek.....	2
1.4 Panduan Laporan.....	3
 BAB 2 KAJIAN ILMIAH	
2.1 Pengenalan.....	4
2.2 Tumor Otak.....	4
2.2.1 Bagaimana tumor otak didiagnosis....	5
2.3 Kelebihan pembedahan menggunakan robot.....	6
2.4 Robot Adept Cobra.....	7
2.4.1 Manual Control Pendant (MCP).....	8
2.4.2 Pengawal Adept.....	8
2.4.3 Pengawal dan Memori.....	9
2.5 Perisian	10
2.5.1 monitor command.....	11
2.5.2 see editor.....	12
2.5.3 tettingkap vision.....	12
2.6 Pemprosesan Imej.....	13
2.6.1 Topeng.....	13
2.6.2 Pengesanan tepi menggunakan operator Sobel	14
2.7 Sisitem penderia robot.....	16

	2.7.1 Penderia daya	17
	2.7.2 Perkakasan.....	17
	2.8 Perisian AdeptForce.....	18
BAB 3	PERLAKSANAAN PROJEK	
	3.1 Pengenalan.....	19
	3.2 Merekabentuk Pemegang.....	20
	3.3 Sistem Penglihatan Robot.....	21
	3.3.1 Pemprosesan Imej.....	21
	3.3.2 Menentukan koordinat sasaran.....	21
	3.3.2.1 Penyediaan medan	
	Penglihatan.....	24
	3.3.2.2 Kedudukan Robot.....	25
	3.3.3 Menentukan Sentroid Objek	28
	3.4 Ujian Kebolehulangan.....	34
	3.5 Menebuk Tengkorak Kepala	34
	3.6 Menggunakan Endoskop.....	38
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
	4.1 Pengenalan.....	39
	4.2 Kalibrasi Kamera.....	39
	4.3 Penebukan Lubang Pada Tengkorak.....	41
	4.4 Perbincangan Keseluruhan.....	49
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN LANJUTAN	
	5.1 Kesimpulan Keseluruhan.....	51
	5.2 Cadangan Lanjutan.....	51

RUJUKAN

LAMPIRAN A : CARTA ALIR

LAMPIRAN B : ATURCARA PROGRAM

Bab 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Penggunaan robot untuk pembedahan adalah satu perkembangan baru dalam bidang perubatan. Dalam projek ini, sebuah robot industri akan digunakan untuk melaksanakan membantu jurubedah dalam melakukan pembedahan otak. Robot Adept Cobra adalah SCARA robot yang mempunyai empat darjah kebebasan iaitu 3 untuk gerakan sudut dan 1 untuk gerakan translasi. Robot Adept Cobra dilengkapi dengan sistem penglihatan bekamera untuk memudahkan pemprosesan imej dan pengenalan objek. Selain itu terdapat sistem penderia daya yang dapat dioperasikan sepanjang penggunaan robot Adept. Di dalam projek ini, kedua-dua sistem ini diintegrasikan dengan robot supaya aplikasi pembedahan tempurung kepala dapat dilaksanakan dengan baik.

1.2 objektif

Projek ini bertujuan untuk mengaplikasi robot Adept Cobra untuk membantu dalam pembedahan otak. Peranan Adept Cobra adalah termasuk memegang alat bedah seperti endoskopik dengan bantuan kamera dan menebuk lubang pada tengkorak dengan menggunakan penggerudi (*perforator*). Robot ini akan diprogramkan supaya dapat melakukan tebukkan pada tempurung kepala serta memandu alat endoskop melalui laluan yang ditetapkan didalam tempurung kepala.

Pembedahan tumor didalam kepala adalah pembedahan yang sangat kritikal disebabkan terdapat banyak saraf didalam kepala dan untuk mengelakkan daripada menjejaskan fungsi otak. Robot Adept Cobra ini juga berfungsi untuk memegang alat endoskop apabila jurubedah ingin meniggalkan tempat pembedahan. Ini akan memudahkan jurubedah kerana dengan penggunaan robot ini, alat endoskop dapat dipastikan supaya berada dalam kedudukannya.

Dalam aplikasi menebuk lubang dengan menggunakan “perforator” , penderia daya pada Adept Cobra digunakan untuk mengelak daya berlebihan dikenakan pada

tengkorak kepala. Terdapat beberapa posisi tertentu untuk melakukan proses penebukan. Setiap posisi adalah dalam kedudukan yang tidak rata dan ini akan menguji samada robot Adpt Cobra mampu melaksanakan aplikasi penebukan dengan baik.

Projek ini akan melibatkan pengaturcaraan menggunakan aturcara V+ untuk menggerakkan robot, memproses imej dan menerima maklumat dari penderia. Pemprosesan imej dilakukan dengan menggunakan AdeptVision manakala penderia daya menggunakan AdeptForce.

1.3 Perlaksanaan projek

Dalam peringkat permulaan, kajian menyeluruh telah dijalankan mengenai penggunaan dan mekanisme pergerakan robot Adept Cobra. Selain itu, maklumat tentang pembedahan otak dicari supaya projek ini dapat memenuhi objektif yang dilaksanakan. *Adept Technology, Inc* menyediakan manual-manual tentang kawalan robot dan juga sistem penglihatan robot. Kemudian pemegang endoskop direkabentuk untuk dipasangkan kepada effektor robot Adept. Bahan yang digunakan adalah daripada aluminium dan juga keluli. Program ditulis untuk membolehkan imej pada medan penglihatan kamera diambil dan diproses. Selain itu, program V+ ini digunakan untuk menggerakkan robot dengan menggunakan fungsi-fungsi tertentu yang telah disediakan. Perkara terakhir dalam pelaksanaan projek adalah melakukan tebukan pada tengkorak dan endoskop juga digunakan untuk menguji samada robot industri seperti robot Adept mampu melaksanakan objektif yang telah ditetapkan. Data diambil untuk membandingkan kejituan robot dan untuk menguji kebolehulangannya.

1.4 Panduan laporan

Terdapat 5 bab di dalam laporan ini. Bab 1 menerangkan secara ringkas tentang projek yang dijalankan dan juga objektif projek. Bab 2 akan menerangkan secara terperinci tentang robot Adept Cobra dan juga tentang mekanisme pemprosesan imej yang digunakan. Selain itu, terdapat juga maklumat tentang pembedahan otak. Bab3 menjelaskan secara terperinci tentang pelaksanaan kerja. Ini termasuklah pengiraan-pengiraan yang terlibat dan juga keputusan yang diperolehi. Bab 4 membincangkan tentang keputusan yang diperolehi daripada eksperimen yang dijalankan. Bab 5 mengandungi kesimpulan tentang projek yang dilaksanakan. Bab ini juga membincangkan tentang langkah penambahbaikan dan cadangan untuk memajukan lagi projek yang telah dilaksanakan.

Bab 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan

Dalam melaksanakan projek ini, pengetahuan dan maklumat tentang pembedahan otak adalah penting untuk diketahui. Ini dapat membantu dalam melicinkan dan melaksanakan projek dengan cara yang betul. Selain itu, pengetahuan tentang mekanisme pemprosesan imej juga adalah penting. Pemprosesan imej bertujuan untuk memperbaiki imej yang diperoleh dan untuk tujuan kalibrasi kamera terhadap robot. Robot Adept Cobra mempunyai sistem penglihatan yang menggunakan kamera dan imej yang diperoleh dapat diproses dengan menggunakan fungsi-fungsi tertentu yang telah disediakan. Aplikasi pembedahan robotic ini juga akan melibatkan penggunaan penderia daya.

2.2 Tumor Otak

Badan manusia terdiri daripada pelbagai jenis sel. Setiap sel yang berlainan mempunyai fungsi yang berlainan. Kebanyakan sel dalam badan membesar dan membahagi dalam peringkat tertentu untuk membentuk sel baru sebagaimana ia diperlukan untuk memastikan badan sihat dan dapat bekerja dengan baik. Apabila sel kehilangan upaya untuk mengawal perkembangannya, ia membahagi dengan pantas tanpa mengikut peringkat. Sel yang berlebihan membentuk tisu yang besar yang dipanggil tumor.

Tumor yang tidak serius tidak mempunyai sel barah. Kebiasaanya tumor jenis ini boleh dibuang dan ia kemungkinan tidak akan berulang. Tumor jenis ini mempunyai sempadan yang jelas. Walaupun ia tidak menyerang tisu sekeliling, ia boleh memberi tekanan pada kawasan sensitif didalam otak dan menyebabkan simptom.

Tumor yang berbahaya (*malignant*) mengandung sel barah. Ia mengganggu sistem fisiologi badan dan mengancam nyawa. Tumor jenis ini akan berkembang dengan cepat dan mengganggu tisu sekelilingnya. Seperti tumbuhan, tumor ini akan menyebarkan akar ke kawasan tisu otak yang sihat.

2.2.1 Bagaimana tumor otak didiagnosis?

Untuk mencari punca kepada simptom yang dialami seseorang, doktor akan bertanya pesakit tentang latar belakang keluarga dan sejarah perubatan dan menjalankan pemeriksaan fizikal. Sebagai tambahan kepada pemeriksaan tanda-tanda umum kepada kesihatan, doctor menjalankan pemeriksaan neurologik. Ini termasuk pemeriksaan kekutan otot, koordinasi, refleks, dan tindak balas kepada kesakitan. Doktor juga memeriksa mata untuk mencari punca pembengkakan daripada tekanan tumor pada saraf yang menghubungkan mata dan otak. Bergantung kepada keputusan pemeriksaan fizikal dan neurological doctor akan memohon untuk salah satu kaedah berikut:

Imbasan CT (atau CAT) adalah siri imej otak secara lengkap. Imej dibentuk daripada sambungan computer kepada suatu mesin sinar-x. Dalam sesetengah kes pencilup khas disuntik kedalam vena sebelum diimbas. Pencilup ini berfungsi untuk menunjukkan perbezaan pada tisu otak.

MRI (*magnetic resonance imaging*) mengambil imej otak dengan menggunakan magnet kuasa tinggi yang disambung pada computer. MRI sangat berguna untuk mendiagnosis tumor otak disebabkan ia dapat 'melihat' tisu yang terdapat dibawah tulang tengkorak kepala. Pencilup tertentu juga boleh digunakan untuk melihat tumor dengan lebih jelas.

Selain itu terdapat banyak lagi cara yang boleh digunakan:

Sinar-x boleh menunjukkan perubahan tulang tengkorak disebabkan oleh tumor. Ia juga boleh menunjukkan timbunan kalsium, dimana ia hadir pada sesetengah jenis tumor.

Dalam imbasan otak, kawasan pembesaran yang tidak normal pada otak terungkap dan direkodkan pada filem khas. Bahan radioaktif dengan kandungan kecil disuntik kedalam vena. Pencelup ini diserap oleh tumor, dan pembesarannya akan kelihatan pada filem.(radiasi ini akan hilang dari badan dalam tempoh 6 jam dan tidak berbahaya)

2.3 Kelebihan pembedahan menggunakan robot

Pembedahan terbantuan robot adalah perkembangan terbaru didalam menggunakan alat endoskopik, sejenis pembedahan yang menghasilkan kesan luka yang kecil, idea untuk mengurangkan kesan bedah membawa kepada kurangnya trauma dan kesakitan kepada pesakit. Pembedahan melalui torehan yang kecil juga mengurangkan kesan parut dan mempercepat tempoh penyembuhan.

Berbanding dengan membedah pesakit secara terbuka, endoskopik membolehkan jurubedah membedah melalui potongan kecil menggunakan endoskop. Alat gentian optik ini mempunyai kamera video yang kecil yang memberi doktor pandangan dalaman pada ruang pembedahan melalui skrin televisyen.

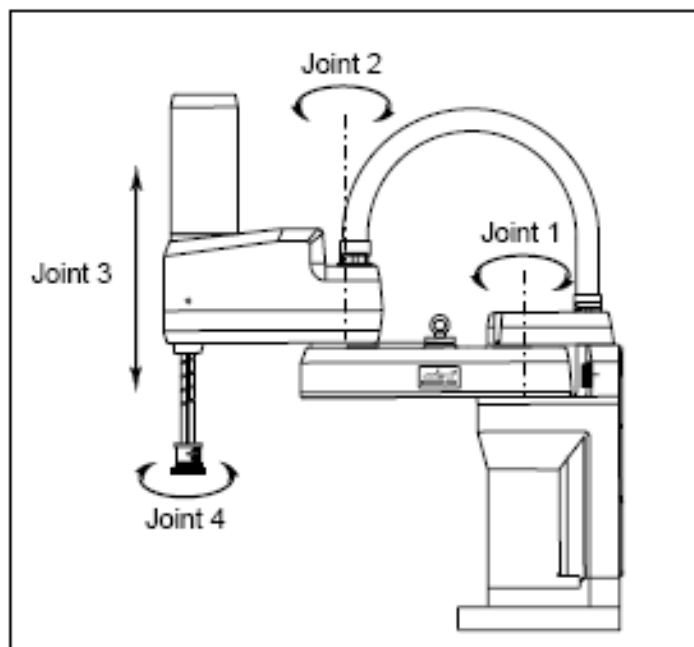
Melalui pembedahan menggunakan robot, jurubedah tidak perlu menggerakkan alat endoskopik menggunakan tangan. Sebaliknya, duduk di tempat yang beberapa meter dari meja bedah dan menggunakan alat kawalan seperti kekunci untuk menggerakkan lengan robot dalam proses yang dikenali tele-manipulasi.

Pembedahan menggunakan robot juga boleh meningkatkan perhatian kepada kedalaman, memberi jurubedah penglihatan tiga dimensi, berbanding pembedahan

endoskopik biasa. Kawasan pembedahan juga dapat diperbesarkan sehingga saiz vena yang bersaiz millimeter akan kelihatan sebesar pensil.

2.4 Robot Adept Cobra

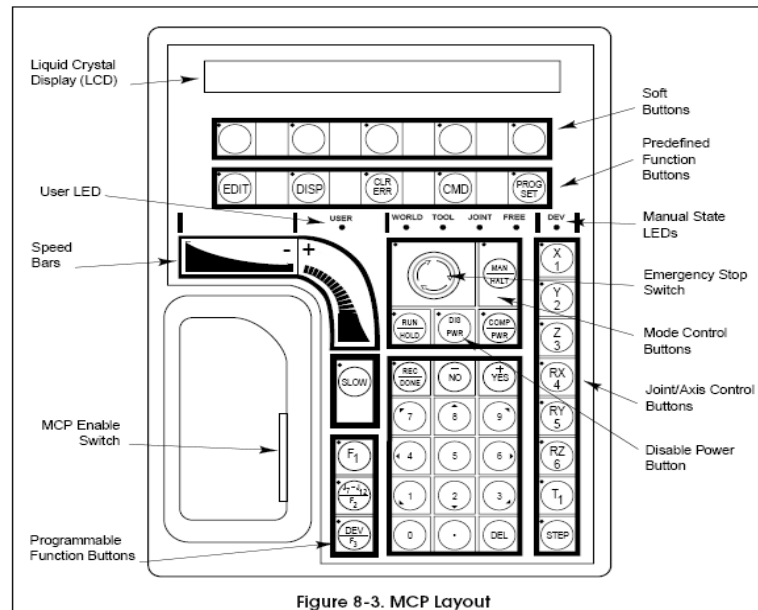
Robot Adept Cobra 600 adalah robot SCARA empat paksi. Sendi 1,2, dan 4 adalah gerakan putaran dan sendi yang ke-3 adalah secara translasi. Lihat rajah untuk penerangan tentang lokasi sendi robot. Robot Adept Cobra memerlukan pengawal Adept MV (MV-5 atau MV_10) dan casis kuasa PA-4 atau *Compact Controller*. Robot diprogramkan dan dikawal dengan menggunakan pengawal Adept MV dan sistem kawalan amplifier PA-4.



Rajah 2.1 : Pergerakan sendi robot Adept Cobra 600

2.4.1 *Manual control pendant (MCP)*

Sistem pergerakan Adept direkabentuk untuk membolehkan robot atau peranti bergerak dikawal oleh “*Manual control pendant*” (MCP). Terdapat dua jenis MCP iaitu untuk operator dan untuk programmer. MCP untuk programmer direkabentuk semasa sesuatu aplikasi sedang ditulis dan diperbaiki. MCP untuk operator adalah direkabentuk untuk operasi sistem yang biasa.

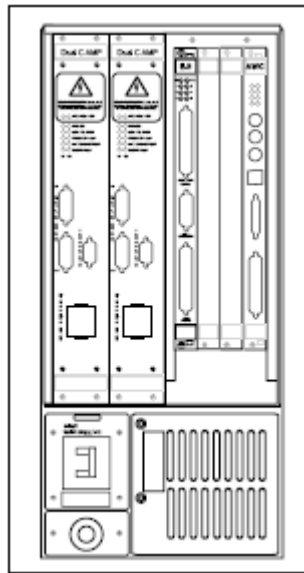


Rajah 2.2 : Susunan butang MCP

2.4.2 *Pengawal Adept.*

Sistem Adept mempunyai pengawaal Adept. Sistem ini juga mempunyai monitor dan papan kekunci, walaupun robot Adept Cobra ini mampu digerakkan dengan pemuka kawalan manual (MPC). Pengawal Adept Graphics-base menggunakan monitor beresolusi tinggi dan papan kekunci komputer. Sistem ini dilengkapi dengan AdeptWindows PC menggunakan kesesuaian komputer jenis IBM yang disambungkna kepada pengawal melalui *Ethernet* atau kebel sesiri.

Rajah 2.3 menunjukkan pengawal Adept MV-10. Sistem Adept adalah fleksibel. Sistem ini membolehkan pengguna menggabungkan komponen-komponen dalam modul berlainan mengikut keperluan dalam pelaksanaan kerja atau pengautomatan.



Rajah 2.3 : Pengawal Adept

2.4.3 Pengawal dan Memori

Pengawal robot Adept ini mempunyai papan litar bercetak yang mengawal robot dan program kawalan dengan sistem penglihatan. Papan litar bercetak berfungsi untuk melaksanakan program dan memandu sendi pada robot. Ia juga mempunyai papan litar yang bertujuan untuk komunikasi dengan peralatan dari luar pengawal, dan papan khas yang mengawal sistem penglihatan mesin.

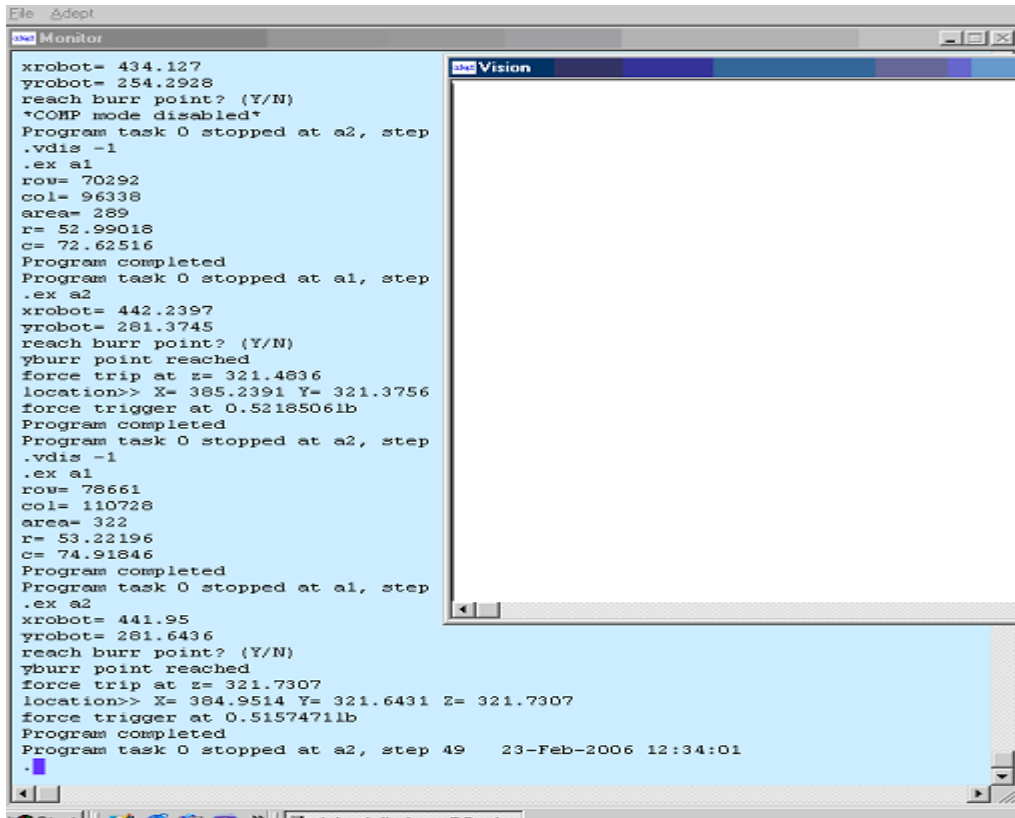
Papan litar pemproses utama mengandungi cip memori untuk *random access memory (RAM)*. Sistem pemprosesan Adept boleh mempunyai 8, 16, atau 24 Mb RAM.

2.5 Perisian

Perisian yang digunakan adalah V+. Perisian ini dikeluarkan oleh Adept Technology, Inc yang bertujuan untuk mengawal robot Adept Cobra. V+ adalah bahasa pengaturcaraan yang mempunyai fungsi-fungsi tertentu bertujuan untuk mengawal setiap sendi pada robot, mendapatkan data daripada penderia dan berkomunikasi dengan seluruh system yang dihubungkan kepada pengawal Adept Cobra.

Sistem berasaskan komputer ini menyediakan kebolehaan untuk menentukan tugas atau system pengautomatan yang akan dilaksanakan, kerana keseluruhan arahan telah disediakan didalam aplikasi program. Antara kebolehan yang diperoleh dengan menggunakan system kawalan berasaskan computer adalah ; (1) kebolehan untuk memberi tindak balas daripada system penderia seperti penglihatan computer, (2) memperbaiki prestasi terutama didalam trajektori robot, dan (3) kebolehan untuk bekerja didalam situasi kritikal atau kerangka rujukan yang berubah-ubah.

Pegiraan trajektori yang berterusan membolehkan pergerakan robot dilaksanakan dengan cepat, dengan menggunakan memori system secara efisien. Selain itu, untuk menetapkan koordinat sasaran pada hujung lengan robot, terdapat fungsi dalam V+ yang membolehkan pengguna menetapkan secara melalaui fungsi yang telah disediakan tanpa tanpa memerlukan pengiraan yang lebih kompleks seperti DH parameter atau kinematik sonsangan.



Rajah 2.4 : Tetingkap program V+, *monitor command* beserta tetingkap *Vision*

Didalam pengawalan robot menggunakan computer terdapat program Adept AIM dan Adept V+. Adept AIM lebih mudah digunakan kerana ia menyediakan paparan visual untuk memprogramkan robot manakala Adept V+ lebih kepada bahasa pengaturcaraan asas.

Dalam penggunaan AdeptWindows V+ terdapat beberapa tetingkap yang utama yang sering digunakan. Seperti yang ditunjukkan didalam rajah diatas tetingkap yang sering digunnnkan adalah “*monitor command*”, “*See editor*” dan tetingkap “*vision*”.

2.5.1 *Monitor command*

Tetingkap “*monitor command*” digunakan untuk mengawal keseluruhan system termasuk memanggil tetingkap SEE (program), memilih jenis paparan imej,

menyambung unit-unit input/output, menguruskan direktori dan melaksanakan atau menghentikan sesuatu program yang sedang berjalan.

Didalam tettingkap "*monitor command*" hanya fungsi-fungsi yang tertentu yang ditetapkan untuk monitor command sahaja sah digunakan. Fungsi V+ yang bertujuan untuk memprogramkan robot biasanya ditulis didalam "*SEE editor*".

2.5.2 *SEE editor*

See editor adalah tettingkap yang dikhaskan untuk menulis bahasa pengaturcaraan V+. Di dalam See editor ini terapat 3 mod iaitu "*command mode*", "*insert mode*" dan "*replace mode*". Untuk menulis dan menubahsui program, *insert mode* digunakan. Dalam *command mode*, program yang ditulis tidak dapat diedit. semasa memasuki SEE editor dari "*command window*".

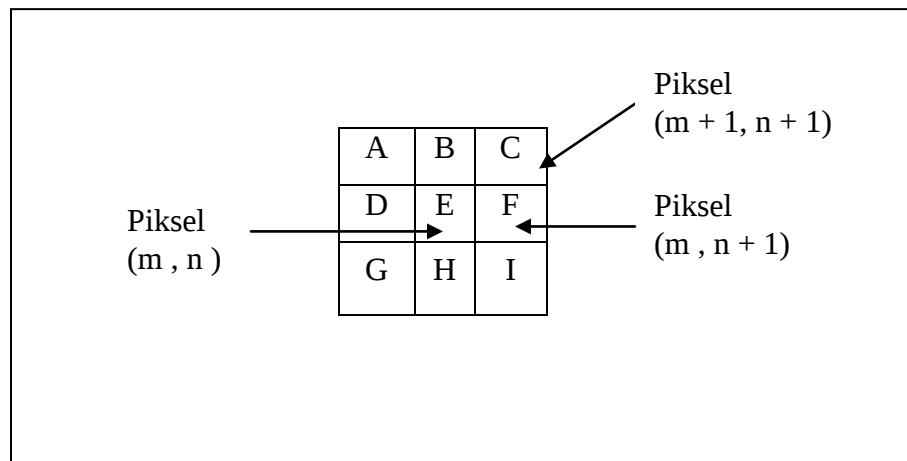
2.5.3 *Tettingkap Vision*

Tettingkap vision dapat memaparkan imej secara terus dari kamera. Jenis imej dapat dipilih samada imej paras kelabu, atau imej binari. Selain itu terdapat fungsi dalam *AdeptVision* yang dapat digunakan untuk mengenalpasti sesuatu objek di dalam suatu medan penglihatan. Sebelum ini dapat dilaksanakan sistem akan dilatih untuk megenali objek tersebut melalui kaedah-kaedah tertentu.

2.6 Pemrosesan imej

2.6.1 Topeng

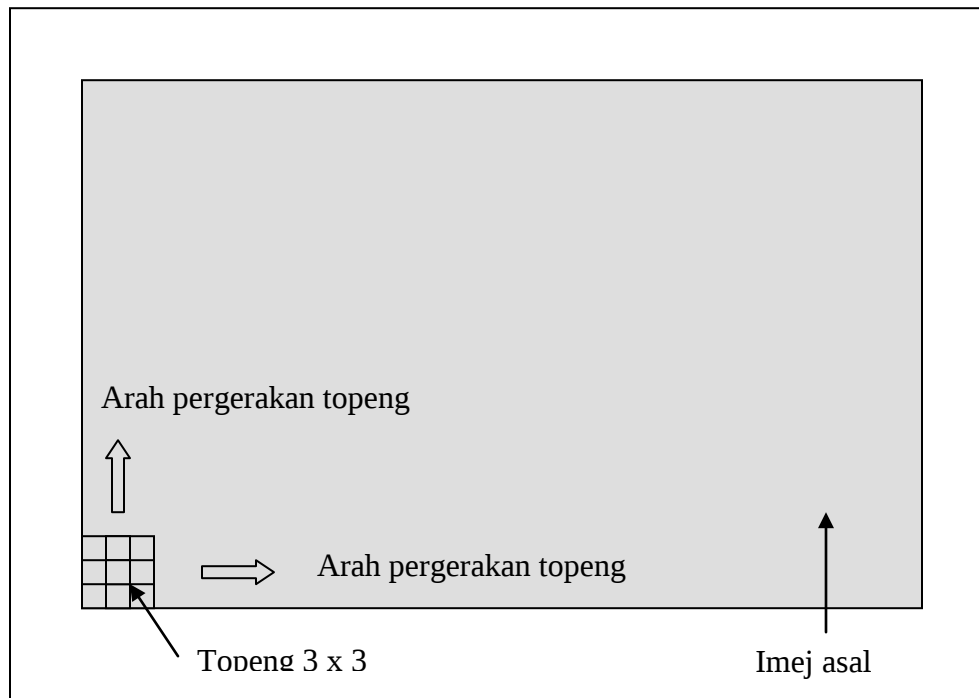
Konsep Topeng banyak digunakan dalam pemrosesan imej berdigit. Saiz topeng yang biasa digunakan adalah bersaiz 3×3 , 5×5 , 7×7 , $N \times N$, di mana N adalah nombor ganjil. Contoh topeng bersaiz 3×3 adalah ditunjukkan oleh gambarajah dibawah :



Rajah 2.5 : Topeng bersaiz 3×3

Apabila sebarang operasi dilakukan keatas imej dengan menggunakan topeng. Setiap nilai integer yang terdapat dalam topeng akan digandakan dengan nilai piksel yang bersepadan dengan nilai imej. Nilai ini kemudiannya akan memberikan hasil operasi pada piksel yang kedudukannya sepadan dengan koordinat (m,n) pada topeng. Kemudian topeng tersebut akan dianjak kekanan (m + 1, n) ke piksel yang seterusnya dan langkah yang sama akan diulangi keatas piksel-piksel yang berada sepadan dengan topeng. Hasil ini akan memberikan nilai output kepada piksel yang kedua. Langkah ini kemudian diulang sehingga output setiap piksel dalam sesuatu imej asal yang dipilih selesai.

Semua langkah operasi menggunakan topeng ditunjukkan oleh rajah dibawah:



Rajah 2.6 : Arah pergerakan topeng

2.6.2 Pengesanan tepi menggunakan operator Sobel

Walaupun titik dan garisan adalah penting dalam perbincangan, pengesanan tepi (*edge detection*) adalah pendekatan yang paling kerap digunakan untuk mengesan ketidakselanjarian imej paras kelabu. Terdapat dua pendekatan untuk mengesan tepi atau sempadan objek dalam sesuatu imej. Terbitan peringkat pertama dan terbitan peringkat kedua.

Terbitan peringkat pertama bagi imej digital adalah berdasarkan pelbagai anggapan pada kecerunan 2-D. Kecerunan sesuatu imej $f(x,y)$ pada koordinat (x,y) adalah ditunjukkan oleh vector

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{df}{dx} \\ \frac{df}{dy} \end{bmatrix}$$

Perkara yang penting dalam pengesanan tepi adalah magnitud vektor yang ditunjukkan oleh ∇f , dimana

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2}$$

Kuantiti ini memberikan kadar maksimum terhadap penambahan $f(x,y)$ per unit panjang pada arah ∇f . Arah kecerunan vektor juga adalah kuantiti yang penting. Jika $\alpha(x,y)$ adalah sudut arah vektor ∇f pada (x,y) . kemudian, dari analisis vektor,

$$\alpha(x,y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right)$$

dimana sudut diukur dari paksi-x. Arah sis (edge) pada (x,y) adalah bersudut tepat dengan arah kecerunan vector pada titik tersebut.

Pengiraan kecerunan sesuatu iemj adalah berdasarkan pembezaan separa $\partial f / \partial x$ dan $\partial f / \partial y$ pada setiap okasi piksel.

Sebagai pendekatan dengan menggunakan topeng bersaiz 3 x 3 diberikan oleh

$$G_x = (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3)$$

Z_1	Z_2	Z_3
Z_4	Z_5	Z_6
Z_7	Z_8	Z_9

Rajah 2.7 : Topeng 3 x 3

Pemberat dengan nilai 2 digunakan untuk menambahkan kelicinan (*smoothing*) dengan memberi penekanan kepada titik tengah. Penggunaan mask ini dikenali sebagai operator *Sobel*.

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Δx

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Δy

Rajah 2.8 : Topeng operator Sobel untuk mengesan sisi menegak dan melintang

0	1	2
-1	0	1
-2	-1	0

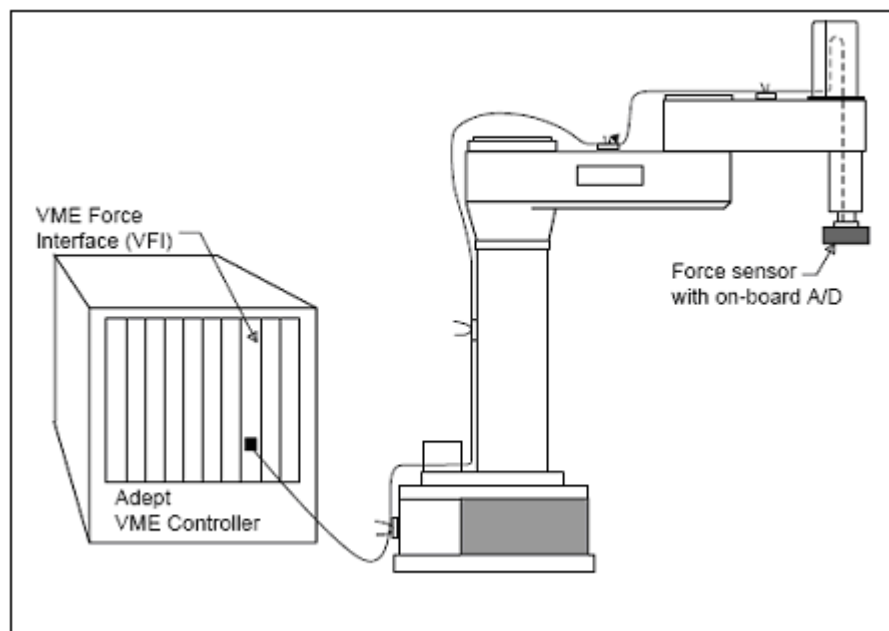
Δx

-1	-1	0
-2	0	1
0	1	2

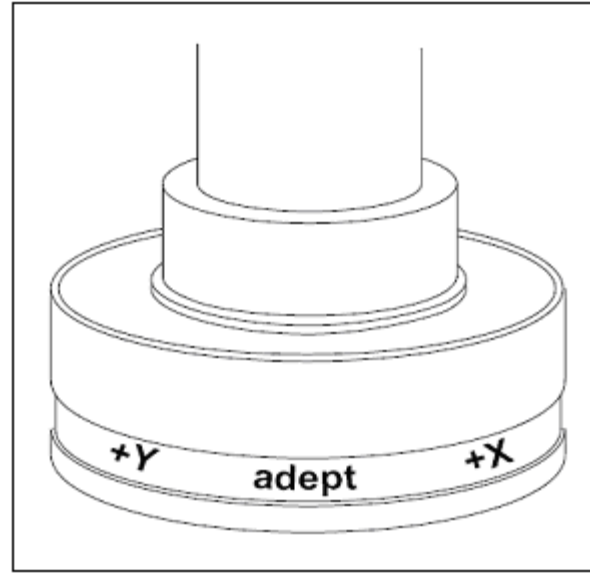
Δy

Rajah 2.9 : Topeng operator Sobel untuk mengesan sisi pepenjuru (*diagonal*)

2.7 Sistem penerima robot



Rajah 2.10: sistem penerima



Rajah 2.11 : Penderia Daya

2.7.1 Penderia daya

AdeptForce adalah pekej perkakasan dan perisian yang membolehkan robot kawalan Adept untuk bertindak untuk mengesan daya dan momen. Integrasi yang berterusan antara penderia daya dengan sistem kawalan robot akan mengurangkan daya terlajak (*overshoot*) dan masa pemberhentian robot apabila daya atau momen melebihi nilai ambang yang ditetapkan. Oleh sebab itu, operasi dapat dilakukan pada kelajuan yang lebih tinggi daripada unit penderia daya yang lain.

2.7.2 Perkakasan

Penderia daya adalah peranti yang mengesan daya dan momen yang dikenakan pada hujung lengan robot. Penderia ini mempunyai tolok terikan pada elemen yang mudah lentur didalam penderia. Apabila daya dikenakan pada elemen mudah lentur ini akan menyebabkan terhasil voltan yang berbeza antara beberapa tolok terikan. Bacaan voltan yang berbeza ini akan digandakan dan ditukar kepada data digital kemudian dihantar ke pengawal.

2.8 Perisian AdeptForce

AdeptForce disepadukan dalam bahasa pengaturcaraan Adept V+ dan sistem pengoperasi menggunakan beberapa arahan V+. AdeptForce mempunyai dua mod operasi aktif : *guarded mode* dan *protect mode*. Setiap mod ini menyebabkan sebahagian sistem bertindakbalas apabila daya tetentu terlebih. Kedua-dua mod ini adalah tidak bersandar dan boleh beroperasi secara sendiri atau bersama.

Guarded mode akan menghentikan robot pada kedudukan semasa apabila penderia mengesan pelanggaran syarat satu atau dua konfigurasi daya yang ditetapkan oleh pengguna. Mod ini biasanya digunakan semasa operasi penyambungan (*assmbly*) kerana ia membolehkan robot memberi tidak balas berterusan kepada bacaan daya semasa operasi sedang berjalan. Dalam aplikasi yang dijalankan, *guarded mode* digunakan semasa proses untuk menebuk lubang pada tempurung kepala. Apabila hujung efektor mengesan daya sebanyak beberapa pound maka pergerakan lengan robot kearah negatif paksi Z akan dihentikan.

Protect Mode akan menghentikan bekalan kuasa tinggi pada robot dan menghentikan robot dengan operasi brek apabila daya yang dikesan melebihi dari yang ditetapkan oleh pengguna. Ia biasanya digunakan untuk menyediakan paras keselamatan yang lebih tinggi kepada pengguna dan peralatan. *Protect mode* akan mengesan situasi yang tak normal seperti pelanggaran dan akan menghentikan kuasa kepada robot secara serta merta.

Bab 3

PERLAKSANAAN PROJEK

3.1 Pengenalan

Perlaksanaan projek yang dijalankan melibatkan beberapa peringkat. Peringkat yang paling awal adalah merekabentuk pemegang alat pembedahan yang digunakan untuk menebuk lubang pada tengkorak kepala dan juga untuk alat endoskop. Perkara yang diberi penekanan dalam peringkat pelaksanaan projek adalah untuk mempelajari dan menguasai bahasa pengaturcaraan V+ dan mekanisme kawalan robot. Setiap aktiviti yang dilakukan akan melibatkan robot Adept Cobra akan memerlukan penguasaan kepada perisian V+. Selain itu, penggunaan sistem penglihatan kepada robot memerlukan kalibrasi yang betul supaya koordinat objek dalam bentuk piksel dapat ditukarkan kepada koordinat robot. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi prestasi sistem penglihatan robot yang dilaksanakan. Perkara yang terakhir adalah menjalankan eksperimen dengan melakukan proses tebukan pada tengkorak kepala dengan menggunakan alatan bedah. Data diambil untuk menguji kebolehan robot Adept membantu dalam proses pembedahan melalui kejituan menghampiri objek sasaran dan kebolehulangan.

3.2 Merekabentuk pemegang

Robot Adept Cobra yang digunakan tidak mempunyai pemegang untuk memegang alat penggerudi dan endoskop. Oleh sebab itu, pemegang yang sesuai perlu direkabentuk supaya boleh memegang kedua-dua alatan pembedahan tersebut. Alat pemegang yang direbentuk perlu sepadan dengan penderia AdeptForce yang terdapat pada hujung lengan robot Adept. Penderia ini akan digunakan semasa aplikasi pembedahan tengkorak kepala. Alat yang digunakan untuk menghasilkan satu pemegang adalah plat keluli dan juga blok aluminium yang nipis. **Rajah 3.1** menunjukkan pemegang (*gripper*) yang dipasang pada penderia daya “AdeptForce”



Rajah 3.1 : Pemasangan pemegang kepada penderia daya

3.3 Sistem Penglihatan Robot

Robot Adept Cobra yang digunakan mempunyai kamera yang dipasang pada lengan robot (*arm mounted*). Kamera ini berfungsi sebagai system penglihatan kepada robot. Jenis kamera yang digunakan adalah kamera CCD dengan saiz lensa 25mm .

Imej yang diambil melalui kamera ini adalah dalam bentuk *grayscale*. Kemudian imej diproses dalam bentuk binary. Saiz medan penglihatan ditentukan melalui ukuran secara manual pada permukaan yang diambil.

3.3.1 Pemprosesan imej

Terdapat fungsi dalam program V+ yang bertujuan untuk mengambil gambar; Imej yang diambil disimpan dalam memori dengan setiap piksel diwakilkan oleh rantaian aksara (*string*). Imej yang diambil akan dilaksanakan proses penuras Gaussian.

Proses pembaikan imej ini bertujuan untuk membuang hingar jenis bintik kecil yang berada dalam gambar yang diambil. Kemudian proses konvolusi dengan operator Sobel dikenakan pada gambar yang terhasil. Proses ini bertujuan untuk mengesan tepi atau bentuk objek yang diperoleh (*edge detection*). Setiap piksel yang diwakili oleh nilai aksara akan ditukarkan kepada nilai ASCII dan ke nilai integer untuk memudahkan setiap nilai piksel diakses untuk pemprosesan imej seterusnya.

3.3.2 Menentukan Koordinat Sasaran

Untuk menentukan koordinat sasaran dalam tettingkap penglihatan. Kedudukan robot dipastikan supaya setiap kedudukan dalam koordinat kartesan, sudut dan panjang sendi pada lengan robot diketahui untuk memudahkan pengiraan.

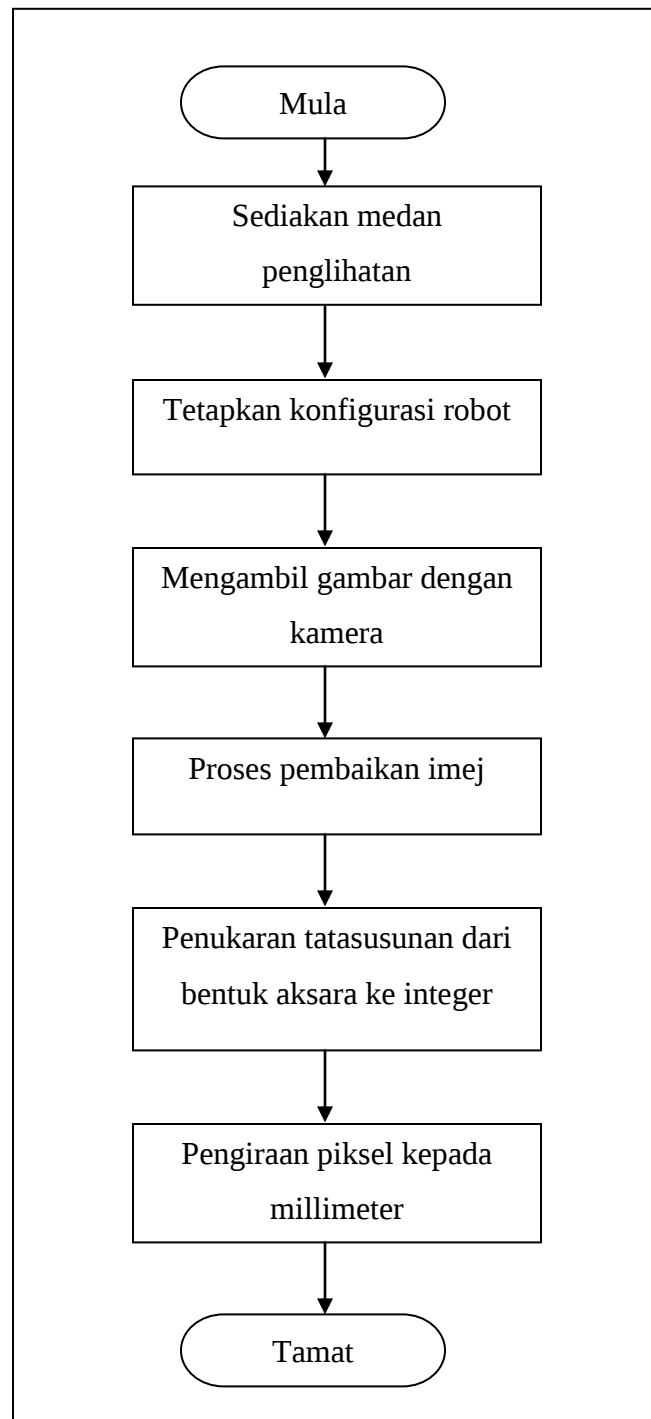
Robot Adept Cobra yang digunakan mempunyai empat darjah kebebasan dengan konfigurasi 2R1D1R (*2-rotation-1-displacement-1-rotation*)

Bagi penentuan koordinat dalam tettingkap penglihatan, hanya dua darjah kebebasan yang pertama sahaja yang memainkan peranan penting. Kedua-dua sendi ini akan menentukan koordinat robot dalam satah X-Y. Sendi robot yang ketiga (*displacement*) akan menentukan koordinat Z pada satah kartesan robot.

Dua titik hitam yang bersaiz 5mm dengan jarak 100mm antara keduanya diletakkan dalam medan penglihatan robot untuk memudahkan pegiraan kedudukan asalan pada ruang penglihatan dan untuk penukaran unit daripada bilangan piksel kepada milimeter.

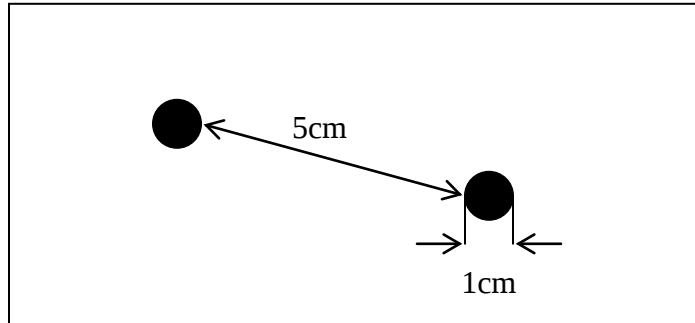
Tinggi kamera yang diletakkan pada lengan robot diambil kira kerana tinggi ini akan menentukan saiz satu piksel kepada saiz dalam millimeter. Dalam aplikasi yang dilaksanakan tinggi kamera adalah 54.5 cm daripada permukaan medan penglihatan.

Semasa imej diambil kedudukan lengan bagi sendi 1 dan sendi 2 adalah dalam kedudukan 90° antara keduanya. Lengan 1 selari dengan paksi-X dan lengan yang ke-2 selari dengan paksi-Y.



Rajah 3.2 : Carta Alir proses penukaran piksel kepada millimeter

3.3.2.1 Penyediaan medan penglihatan



Rajah 3.3 : kalibrasi kamera

Dua bulatan hitam dengan setiap satunya berdiameter 1cm diletakkan dalam ruang penglihatan. Jarak antara kedua-dua titik tersebut adalah 5cm.

kemudia kamera diletakkan dengan ketinggian 54.5 cm dari permukaan. Imej pada kamera diambil dan disimpan dalam memori. Untuk mengambil gambar, satu titik diambil pada satu masa dan satu titik lagi akan ditutup oleh kertas yang bewarna cerah untuk memudahkan pengiraan pemprosesan imej. Pemprosesan imej melibatkan pelaksanaan proses penurasan menggunakan penuras Gaussian. Kemudian Operator Sobel dikenakan kepada imej untuk menentukan sempadan objek (*edge detection*).