

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Robotika dalam Industri

Keunggulan teknologi robotik telah lama dijadikan ikon kebanggaan negara-negara maju di dunia. Dalam industri manufaktur, saat ini telah banyak menggunakan teknologi ini untuk melakukan proses dalam jumlah banyak dan berulang, rumit dan memerlukan ketelitian yang tinggi. Dalam industri berat, peranan robot juga sangat diperlukan untuk melakukan penanganan material-material yang tidak mungkin dilakukan oleh manusia.

Pada kurun waktu 10 tahun terakhir ini, aplikasi robot hampir tak dapat dipisahkan dengan industri, sehingga muncul istilah robot industri. Robot industri adalah suatu robot tangan (*robot arm*) yang diciptakan untuk berbagai keperluan dalam meningkatkan produksi, memiliki bentuk lengan-lengan kaku yang terhubung secara seri dan memiliki sambungan yang dapat bergerak berputar (rotasi) atau memanjang/memendek (translasi atau prismatic). Satu sisi lengan yang disebut sebagai pangkal ditanam pada bidang atau meja yang statis (tidak bergerak), sedangkan sisi yang lain yang disebut sebagai ujung (*end of effector*) dapat dimuati dengan *tool* tertentu sesuai dengan tugas robot.

Robotik memiliki unsur yang sedikit berbeda dengan ilmu-ilmu dasar atau terapan yang lain. Ilmu dasar biasanya berkembang dari suatu asas atau hipotesis yang kemudian diteliti secara ilmiah. Ilmu terapan dikembangkan setelah ilmu-ilmu yang mendasarinya berkembang dengan baik. Sedangkan ilmu robotik lebih

sering melalui pendekatan praktis. Kemudian melalui suatu pendekatan atau perumpamaan (asumsi) dari hasil pengamatan perilaku makhluk hidup atau benda/mesin/peralatan bergerak lainnya dikembangkanlah penelitian secara teoritis. Dari teori kembali kepada praktis, dan dari sini robot berkembang menjadi lebih canggih.

Perkembangan penelitian di bidang robotik lazimnya dapat segera diketahui dengan mencermati aplikasinya di dunia industri atau produk kegiatan penelitian Skala laboratorium di grup-grup penelitian yang tersebar di berbagai institusi pendidikan dan penelitian di negara-negara maju. Dengan mudahnya mengakses internet sekarang ini, dan banyaknya sumber-sumber informasi masa kini yang tersebar terbuka di situs-situs penelitian, maka mencari tahu suatu perkembangan terbaru dalam, dunia robotik menjadi sangat mudah.

Pada dasarnya dilihat dari struktur dan fungsi fisiknya (pendekatan visual) robot terdiri dari dua bagian, yaitu *non-mobile robot* dan *mobile robot*. Kombinasi keduanya dapat menghasilkan kelompok kombinasi konvensional (*mobile & non-mobile*) dan kelompok non-konvensional. Kelompok pertama sengaja diberinama konvensional karena nama yang dipakai dalam konteks penelitian adalah nama-nama yang dianggap sudah umum, seperti *mobile manipulator*, *climbing robot* (robot pemanjat), *walking robot* (misal: bi-ped robot) dan nama-nama lain yang sudah populer. Sedangkan kelompok non-konvensional dapat berupa robot *humanoid*, *animaloid*, *extra-ordinary*, atau segala bentuk movasi penyerupaan yang bisa dilakukan. Kelompok kedua ini banyak dimanfaatkan sebagai ikon keunggulan dalam penelitian robotik, seperti robot ASIMO buatan Jepang. Sementara robot bawah air dan robot terbang lebih banyak dikembangkan sebagai peralatan

untuk membantu penelitian yang berkaitan dan untuk proyek pertahanan atau mesin perang.

Dari kelompok *non-mobile* yang sering disebut sebagai "keluarga robot" adalah robot arm atau manipulator saja. Sementara yang lebih mudah dikenali sebagai mesin cerdas (*intelligent machine*) yang tidak selalu tampak memiliki bagian tangan, kaki atau roda untuk bergerak lebih lazim disebut dengan nama khusus sesuai fungsinya. Mereka biasanya memiliki nama-nama yang tersambung. Misalnya mesin-mesin *otomatis Lathe, Milling, Drilling Machine, CNC (Computer Numerical Control) Machine, EDM (Electric Discharge Machine)*, dan berbagai peralatan otomatis yang biasa dijumpai di pabrik-pabrik modern.

Mobile Robot adalah tipe robot yang paling populer dalam dunia penelitian robotik. Sebutan ini biasa digunakan sebagai kata kunci utama untuk mencari rujukan atau referensi yang berkaitan dengan robotik di internet. Publikasi dengan judul yang berkaitan dengan *mobile robot* akan menjadi daya tarik tidak hanya bagi kalangan peneliti tapi juga bagi kalangan awam. Dari segi manfaat, penelitian tentang berbagai tipe *mobile robot* diharapkan dapat membantu manusia dalam melakukan otomasi dalam transportasi, platform bergerak untuk robot industri, eksplorasi tanpa awak, dan masih banyak lagi.

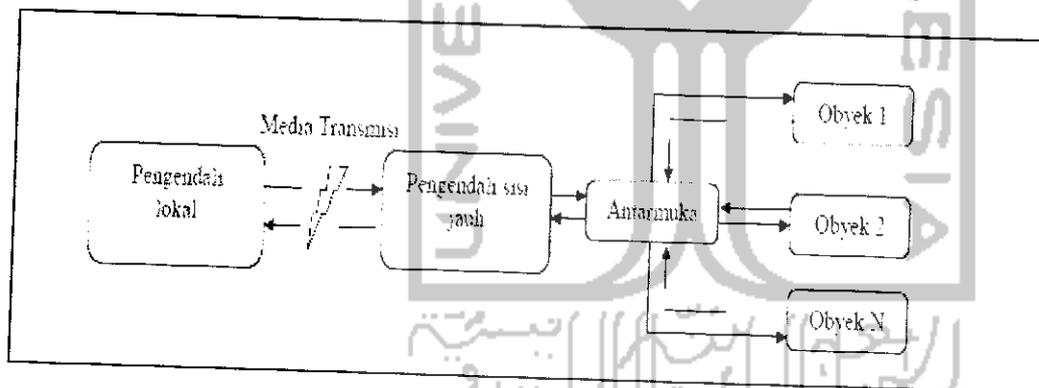
2.2 Teleoperasi

Aplikasi pengendalian dari jarak jauh tersebut sering disebut dengan nama teleoperasi atau sering pula disebut sebagai teleotomasi. Istilah teleoperasi mengandung dua kata kunci yang akan mempermudah untuk menebak arti dari istilah teleoperasi tersebut. Kata kunci yang pertama adalah "tele" yang berarti jauh dan kata

kunci kedua adalah “ operasi” yang berhubungan dengan melakukan sebuah aktivitas atau kerja dengan sebuah alat. Jika kedua kata ini disatukan, istilah yang diperoleh memberikan sebuah arti yang sangat khusus, dalam hal ini mengacu pada sebuah sistem pengoperasian dari jarak jauh. Teleoperasi menurut Alvares, et al. (2006) merupakan kendali langsung dan berkelanjutan atas sebuah mesin yang memungkinkan interaksi antara manusia dan mesin.

Konsep teleoperasi diinspirasi untuk diterapkan pada kondisi lingkungan yang sangat berbahaya dan tidak terstruktur sehingga situasinya lingkungannya tidak dapat diprediksikan secara tepat seperti daerah pertambangan, pembuangan limbah bom, bawah laut, dan lain sebagainya.

Didalam dunia industri, teleoperasi memungkinkan interaksi antara manusia dengan mesin yang dengan interaksi tersebut dapat menyelesaikan suatu pekerjaan berat sekalipun. Secara umum konsep teleoperasi dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Konsep Dasar Teleoperasi

Secara garis besar terdapat dua buah komponen utama yang harus dipersiapkan yaitu bagian pengendali lokal (*local site*) dan pengendali sisi jauh (*remote site*). Pengendali lokal merupakan bagian yang berhubungan dengan operator yang biasanya berupa program didalam komputer yang berhubungan dengan suatu objek yang akan

dikendalikan. Bagian selanjutnya yaitu pengendali sisi jauh. Pengendali ini berhubungan dengan pengendali lokal melalui media transmisi. Jadi pengendali dari jarak jauh bertugas untuk menerima masukan dari pengendali lokal lewat media transmisi yang terhubung dengannya dan selanjutnya mengolah data yang diterima tersebut menjadi sebuah perintah yang dikenali oleh piranti yang dikendalikan.

Dewasa ini jaringan komputer menjadi sangat kompleks di bandingkan tahun 1980-an sebagai media untuk pertukaran data dan mengatur hal tersebut menjadi sebuah tantangan (Manzoor dan Nefti, 2009). Apabila dibandingkan dengan melihat pertukaran data antara pengendali lokal dengan pengendali sisi jauh, sistem teleoperasi dapat dibedakan juga dalam (Hartanto dan Purbo, 2002):

a. Sistem Satu Arah

Pertukaran data hanya dilakukan dari salah satu pengendali lokal ke pengendali sisi jauh atau sebaliknya saja, misalnya sistem telemonitoring cuaca suatu kota.

b. Sistem Dua Arah

Dalam sistem ini terjadi pertukaran data antara pengendali lokal dengan pengendali sisi jauh secara berulang-ulang, misalnya sistem telerobotik.

Adapun komponen dasar dari sebuah sistem teleoperasi adalah sebagai berikut (Hartanto dan Purbo, 2002):

- a. *Server* yang berfungsi sebagai penghubung ke peralatan yang dikendalikan.
- b. *Client* atau antarmuka sebagai penghubung dengan operator atau pengguna.
- c. Media transmisi.

Disamping komponen-komponen tersebut beberapa peneliti juga menambahkan pula komponen tambahan dalam arsitektur sistemnya, di antaranya *database*, dan lain sebagainya.

2.3 Telerobotik

Dalam beberapa tahun belakangan ini sistem telerobotik merupakan sistem yang berkembang cukup pesat dan banyak peneliti yang meneliti tentang konsep dan pengembangan telerobotik (Bambang, 2007) Telerobotik merupakan teknologi yang memungkinkan pengendalian suatu sistem sekaligus mengawasi apa yang terjadi pada sistem tersebut.

Internet dan telerobotik merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan. Penggabungan kedua teknologi ini banyak dipakai dalam beberapa bidang seperti bidang kesehatan, industri manufaktur, militer, dunia hiburan bahkan digunakan dalam bidang antariksa. Telerobotik memungkinkan setiap orang berpartisipasi didalamnya karena cakupannya yang sangat luas.

Sistem pertama yang dibangun berupa sebuah sistem *master-slave*, dimana seorang operator menggerakkan sebuah tiruan robot yang sebenarnya berbentuk seperti sebuah *joystick* komputer pada tahun 1954 oleh Goertz di Argonne National Laboratory. *Joystick* ini, yang selanjutnya disebut sebagai *master*, akan mengirimkan sinyal-sinyal tertentu ke komputer yang selanjutnya mengolah sinyal-sinyal tersebut menjadi perintah yang dapat dikerjakan oleh robot yang terhubung dengan komputer tersebut. Jarak antara *joystick* tersebut dengan komputer cukup jauh sampai beberapa meter. Robot yang dikendalikan melalui *joystick* tersebut dinamakan *slave*. Robot akan mengikuti seluruh gerakan *joystick* yang digerakkan oleh operator tersebut. Namun sistem ini belumlah memanfaatkan teknologi komputer sebagai media transmisi, akan tetapi menggunakan infrastruktur tersambungan yang memiliki keterbatasan dalam hal jarak dan kemudahan untuk berintegrasi dengan sistem lain.

Sistem telerobotik termasuk sistem dua arah, dengan pertukaran data antara *client* dan *server* yang berlangsung dalam dua arah. Dari arah *client*, dikirimkan data

posisi yang diinginkan, sedangkan dari arah *server* di kembalikan hasil posisi robot yang telah dikerjakan bahkan dapat pula disertai dengan visualisasi gerakan robot maupun kondisi lingkungan di sekitarnya pada saat tertentu.

2.4 Otomasi dan Robot Industri

Otomasi didefinisikan sebagai teknologi yang berlandaskan pada aplikasi sistem mekanik, elektronik dan komputer. Otomasi sangat erat kaitannya dengan robot industri. Sebuah robot industri pasti memerlukan sebuah sistem otomasi agar dapat bergerak secara otomatis tanpa perlu bantuan seorang operator.

Robot industri adalah komponen utama dalam teknologi otomasi dalam dunia industri yang dapat berfungsi sebagai layaknya buruh/pekerja manusia dalam pabrik namun memiliki kemampuan bekerja yang terus-menerus tanpa lelah. Robot industri dapat diciptakan untuk menggantikan posisi-posisi pekerja dalam bagian produksi, seperti buruh dengan keahlian rendah hingga teknisi profesional dengan keahlian tertentu.

2.4.1 Otomasi

Secara umum otomasi dapat dibedakan dalam 4 kategori, yaitu:

- a. Otomasi tetap: mesin otomatis dibuat hanya untuk satu keperluan produksi saja, tidak dapat digunakan untuk produk lain. Sesuai untuk produksi massal dengan kecepatan tinggi. Investasi yang dikeluarkan pertama kali biasanya tinggi, namun biaya operasionalnya relatif rendah.
- b. Otomasi semi tetap: mesin dibuat untuk memproduksi atau menangan satu macam produk atau tugas, namun dalam beberapa parameter

(ukuran, bentuk dan bagian produk) dapat diatur secara terbatas. Investasi awal termasuk cukup tinggi, karena mesin masih bersifat khusus. Robot yang mandiri termasuk dalam kategori ini.

- c. Otomasi fleksibel: Perangkat mesin yang dibuat dapat digunakan untuk berbagai produk, sistem otomasi lebih bersifat menyeluruh, bagianbagian produk dapat diproduksi pada waktu yang bersamaan dalam sistem otomasi ini. Yang termasuk dalam kategori ini misalnya FMS (*Flexible Automation System*) dan CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Robot adalah salah satu pendukung dalam kelompok otomasi ini.



Gambar 2.2 Robot Tangan dalam Sistem CIM

Pada gambar di atas adalah sebuah robot tangan yang dapat diprogram untuk mengambil barang dan mengangkatnya dari meja tetap di sebelah kiri kemudian meletakkannya ke atas ban berjalan (konveyor). Program dapat dengan mudah diubah melalui komputer konsol di sebelah kanannya. Foto ini diambil di Laboratorium CIM, Faculty of Mech. Engineering Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Johor Bahru, Malaysia.

2.4.2. Robot Industri

Robot industri yang diilustrasikan adalah robot tangan yang memiliki dua lengan (dilihat dari persambungan), dan pergelangan. Di ujung pergelangan dapat diinstal berbagai tool sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Jika dipandang dari sudut pergerakan maka terdiri dari tiga pergerakan utama, yaitu badan robot yang dapat berputar ke kiri dan kanan, lengan yang masing-masing dapat bergerak rotasi ke arah atas dan bawah, dan gerak pergelangan sesuai dengan sifat tool. Komponen utamanya terdiri dari 4 bagian yaitu manipulator, sensor, aktuator, dan pengontrol.

Manipulator adalah bagian mekanik yang dapat difungsikan untuk memindah, mengangkat dan memanipulasi benda kerja. Sensor adalah komponen berbasis instrumentasi (pengukuran) yang berfungsi sebagai pemberi informasi tentang berbagai keadaan atau kedudukan dari bagianbagian manipulator. Output sensor dapat berupa nilai logika ataupun nilai analog. Dalam berbagai kasus dewasa ini penggunaan kamera sebagai sensor sudah menjadi lazim. Output perangkat kamera berupa citra (*image*) harus diubah terlebih dahulu ke besaran digital ataupun analog sesuai dengan kebutuhan. Kajian teknologi transformasi image ke bentuk biner (nilai acuan dalam proses perhitungan komputer) ini banyak dikaji dalam konteks terpisah, yaitu pengolahan citra (*image processing*).

Aktuator adalah komponen penggerak yang jika dilihat dari prinsip penghasil geraknya dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu penggerak berbasis motor listrik (motor DC servo, stepper motor, motor AC, dsb.) penggerak pneumatik (berbasis kompresi gas: udara, nitrogen, dsb.), dan penggerak hidrolis (berbasis kompresi benda cair: minyak pelumas, dsb.).

Kontroler adalah rangkaian elektronik berbasis mikroprosesor yang berfungsi sebagai pengatur seluruh komponen dalam membentuk fungsi kerja. Tipe pengaturan yang bisa diprogramkan mulai dari prinsip pengurut (*sequencer*) yang bekerja secara *open loop* hingga prinsip umpan balik dengan melibatkan kecerdasan buatan.

2.4.3. Konfigurasi Manipulator

Secara klasik konfigurasi manipulator dapat dibagi dalam, 4 kelompok, yaitu polar, silindris, *cartesian* dan sambungan-lengan (*joint-arm*). Pada dasarnya badan sebuah robot dapat berputar ke kiri atau kanan. Sambungan pada badan dapat mengangkat atau menurunkan pangkal lengan secara polar. Lengan ujung dapat digerakkan maju-mundur secara translasi. Konfigurasi ini dikenal cukup tegar karena sambungan lengan dan gerakan maju-mundur memiliki Cara yang secara mekanik sangat kokoh. Kemampuan jangkauan ke atas dan bawah kurang bagus karena badan tidak mengangkat lengan secara vertikal, namun memiliki gerakan yang khas yaitu mampu memanipulasi ruang kerja yang berbentuk bola dengan algorithms gerak yang paling sederhana dibanding tipe konfigurasi yang lain.

Konfigurasi silinder mempunyai kemampuan jangkauan berbentuk ruang silinder yang lebih baik, meskipun sudut Ujung lengan terhadap garis penyangga tetap. Konfigurasi ini banyak diadopsi untuk sistem gantry atau crane karena strukturnya yang kokoh untuk tugas mengangkat beban. Pemasangan lengan Ujung yang segaris dengan badan dapat lebih menguntungkan kinematiknya menjadi lebih sederhana. Selain itu struktur secara keseluruhan bisa lebih kokoh.

Konfigurasi ini secara relatif adalah yang paling kokoh untuk tugas mengangkat beban yang berat. Struktur ini banyak dipakai secara permanen pada instalasi pabrik baik untuk mengangkat dan memindah barang produksi maupun untuk mengangkat peralatan-peralatan berat pabrik ketika melakukan kegiatan instalasi. *Crane* di galangan kapal juga banyak mengadopsi struktur ini.

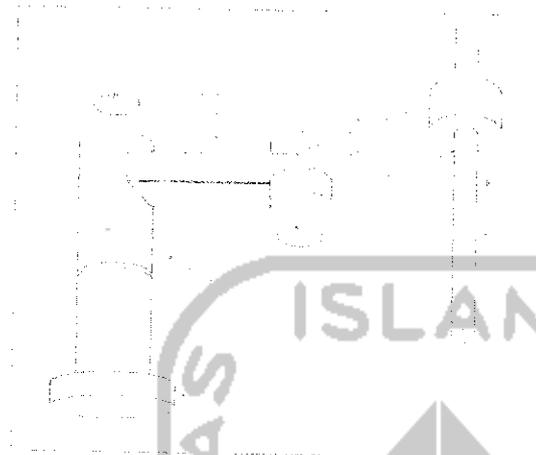
Pada aplikasi yang sesungguhnya biasanya struktur penyangga, badan dan lengan dibuat sedemikian rupa hingga tumpuan beban merata pada struktur. Misalnya, penyangga dipasang dari ujung ke ujung. Mekanik pengangkat di badan menggunakan sistem rantai dan sproket atau sistem belt. Pergerakan lengan dapat menggunakan sistem seperti rel di kiri-kanan lengan.

Konfigurasi keempat ialah struktur sambungan-lengan. Konstruksi ini adalah yang paling populer untuk tugas-tugas reguler di dalam pabrik, terutama untuk dapat melaksanakan fungsi layaknya pekerja pabrik, seperti mengangkat barang dari konveyor, mengelas, memasang komponen mur, baut pada produk, dan sebagainya. Dengan tool pergelangan yang khusus struktur lengan-sambungan ini cocok digunakan untuk menjangkau daerah kerja yang sempit dengan sudut jangkauan yang beragam.

Pada ujung lengan kedua dipasang pergelangan yang dapat berputar kiri-kanan. Robot yang secara keseluruhan berbobot sekitar 300 kg ini mampu mengangkat beban hingga 5 kg dan dapat dioperasikan pada temperatur yang relatif panas seperti ruang pengecatan bodi mobil, pengelasan, dan membantu proses *machining*.

Struktur robot ini juga populer dalam dunia penelitian. Banyak kajian kinematik dan dinamik robot mengambil contoh struktur sambungan-lengan. Kajian

dinamikanya menjadi lebih rumit karena unsur gravitasi bumi sangat berperan. Konfigurasi sambungan-lengan dapat dimodifikasi sedemikian hingga faktor gravitasi dapat diabaikan dalam analisis dinamikanya.



Gambar 2.3 Manipulator Planar

Bentuk ini dikenal sebagai manipulator planar. Secara umum konfigurasinya dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.3 di atas. Semua sambungan dirancang berputar horisontal, kecuali posisi ujung lengan (*end of effector*). Struktur ini banyak digunakan dalam kajian kinematik dan dinamik yang terutama yang berhubungan dengan analisis pembuktian dari suatu pendekatan atau teori kontrol yang dianggap baru. Dengan menghindari pengaruh gravitasi, orde dinamik dari sistem yang dikontrol relatif dapat ditekan. Salah satu pertimbangannya adalah bahwa aplikasi robotik di angkasa luar justru tidak perlu memasukkan unsur gravitasi dalam analisis. Dinamik hanya dipengaruhi oleh faktor dalaman yaitu bodi robot itu sendiri. Meski berkonstruksi planar, manipulator ini menjadi sangat kokoh karena sambungan dibuat memanjang dengan lengan yang sangat kaku. Robot ini banyak digunakan dalam pabrik elektronik seperti dalam hal pemasangan komponen.

Metode di atas sering dipakai untuk memanipulasi gerak lengan pertama dan kedua agar dapat bergerak selaras sehingga sudut sambungan kedua (posisi pergelangan) relatif tetap terhadap referensi badan robot ketika lengan pertama diayun. Sementara itu lengan kedua tetap dapat digerakkan secara independen. Untuk pergerakan berulang-ulang tanpa kontrol umpan balik (robot dioperasikan secara *loop* terbuka dan bekerja berdasarkan program sekuensial) cara ini sangat efektif terutama untuk memperoleh kesan gerakan yang lurus pada posisi pergelangan dengan cukup mengontrol satu sambungan saja.

2.4.4 Sambungan 0 Lengan Robot

Sebuah lengan robot memiliki 5 sambungan yang meliputi sambungan 0, sambungan 1 sampai dengan sambungan 4. Masing-masing sambungan memiliki fungsi masing-masing. Pergerakan dari masing-masing sambungan pun berbeda-beda, ada yang berputar sesuai sumbu vertikal maupu horizontal.

Sambungan 0 pada lengan robot merupakan bagian paling bawah dari sebuah lengan robot. Bagian ini berfungsi untuk mengatur sudut yang di inginkan dalam menggerakkan suatu lengan robot, sehingga sebuah lengan robot dapat mencapai sudut tertentu.

2.4.5 Perkembangan Sistem Teleoperasi dan Telerobotik di Dunia Industri

Fawaz, et al. (2009) menjelaskan bahwa penggunaan sistem robotik didunia industri sangat berkembang dengan pesat dalam beberapa tahun belakangan ini. Penggunaan teknologi robot ini banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti dunia industri, kesehatan, perkebunan dan berbagai bidang lainnya. Bahkan di dalam

pengembangannya penggunaan robot dapat menggantikan peranan para pekerja terutama para pekerja yang bekerja dalam lingkungan kerja yang berbahaya.

Banyak aplikasi dari sistem robot yang kemudian dikembangkan, kebanyakan dari aplikasi tersebut berbasis simulasi dari keadaan yang sebenarnya. Robot yang menggunakan pengendali jarak jauh atau dikenal dengan teleoperasi pun berkembang dengan sangat baik beberapa tahun belakangan ini, yang kemudian dikenal dengan sistem telerobotik.

Salah satu perkembangan yang cukup menarik adalah penggunaan sistem telerobotik pada bidang kedokteran dan biologi. Di antara penggunaan sistem telerobotik pada bidang kedokteran dan biologi tersebut adalah digunakannya sistem ini untuk melakukan pembedahan jarak jauh dan untuk mengamati bakteri dari jarak jauh.

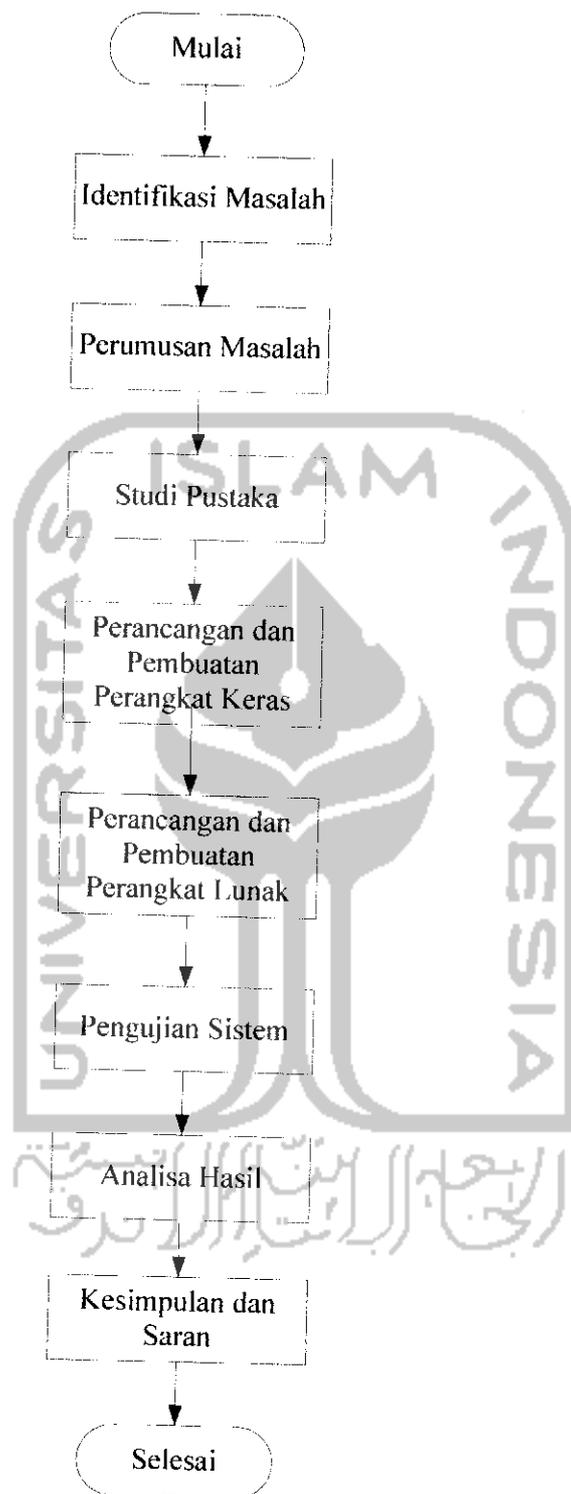
Salah satu pengembangan sistem telerobotik yang cukup berhasil dapat dilihat dari sistem *microsurgery* yang dikembangkan oleh para peneliti dari NASA-JPL dan MicroDexterity System, Inc (MDS). Pada penelitian ini, seorang dokter bedah menggerakkan sebuah simulator dari jarak jauh sambil mengamati kerja robot pembedah sistem dari jarak jauh atau teleoperasi. Sedangkan robot yang berada pada sisi jauh akan bergerak sesuai dengan perubahan posisi dari simulator tersebut.

Beberapa peristiwa penting sejarah dimulainya sebuah sistem pengendalian jarak jauh menggunakan internet dimulai pada tahun 1954, Raymond Goertz dan Thompson mengembangkan sistem master-slave yang menjadi cikal bakal dari sistem pengoperasian robot jarak jauh. Sekitar tahun 70-an muncul robot yang mampu

dikendalikan dengan menggunakan komputer diperkenalkan oleh Cincinnati-Milicron Corporation.

Pada tahun 1975 konsep jaringan komputer mulai dikembangkan untuk menghubungkan sebuah komputer dengan komputer lain. Perkembangan teknologi ini memicu munculnya sebuah jaringan komputer global yang kemudian dikenal dengan internet. Pada tahun 1994, Ken Goldberg dan rekan-rekan dari University of Southern California memperkenalkan sistem telerobotik pertama yang memungkinkan seorang pengguna untuk mengawasi atau membersihkan artifak yang tertimbun dalam sebuah kolam pasir melalui web. Proyek ini dinamakan *Mercury Project*. Sistem ini masih menggunakan teknologi HTTP standar, yaitu ISMAP yang saat itu baru berkembang.

Setahun kemudian Ken Goldberg dan rekan-rekannya mempublikasikan sebuah sistem baru yang merupakan pengembangan dari proyek mereka sebelumnya. Dalam proyek ini, seorang pengguna dapat mengamati keadaan dalam sebuah kebun kecil. Beberapa aplikasi baru dalam sistem telerobotik bermunculan di antaranya oleh lembaga-lembaga antariksa, pertambangan, lingkungan, maupun dunia industri. Selain itu muncul pula gagasan untuk mendirikan sebuah laboratorium teknik yang segala aktifitasnya dilakukan melalui internet.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Perumusan Masalah

Untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai masalah yang akan diselesaikan, maka masalah yang telah diidentifikasi perlu untuk dirumuskan. Pada langkah ini, masalah akan dirumuskan dengan jelas, dan langkah-langkah penyelesaian masalah akan disusun berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat.

3.3 Studi Pustaka

Langkah berikutnya adalah melakukan studi pustaka. Studi pustaka ini dilakukan untuk mengetahui posisi penelitian ini dibandingkan dengan penelitian lain yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Ini dilakukan untuk mengetahui kontribusi akademik yang ada dalam penelitian ini. Selain itu studi pustaka juga dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai langkah-langkah teknis yang akan ditempuh selama melakukan penelitian ini. Adapun studi pustaka yang dilakukan meliputi robotika dalam industri, telerobotik, teleoperasi, mikrokontroler AVR, komunikasi serial, pemrograman internet, *Analog to Digital Converter (ADC)* dan motor servo.

3.4 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras

Pada tahap ini akan dilakukan pembangunan prototip sambungan 0 pada sistem lengan telerobot industri. Prototip yang dibangun meliputi sistem sambungan 0 pada lengan telerobot dan juga sistem kontrolnya. Sistem kontrol dibangun menggunakan mikrokontroler sebagai prosesornya dan menggunakan potensiometer sebagai sensor posisi dari lengan robotnya.

3.5 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan perangkat lunak yang akan mendukung sistem telerobotik. Perangkat lunak terbagi atas dua macam yaitu pembuatan perangkat lunak yang akan di *download* pada mikrokontroler ATMEGA16 yang merupakan prosesor dari sistem kontrol lengan telerobot. Perangkat lunak ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman C. Perangkat lunak lainnya adalah antar muka pengguna untuk menjalankan sistem telerobot ini. Ada dua macam antar muka yang akan dibangun, yaitu antar muka yang akan diinstal dalam komputer *server* dan antar muka yang akan diinstal dalam komputer *client*. Komputer *client* terhubung dengan komputer *server* melalui jaringan internet.

3.6 Pengujian Sistem

Pada tahapan ini dilakukan pengujian sistem guna mengetahui sejauh mana sistem dapat bekerja dengan baik dan mengetahui kekurangan dari sistem tersebut. Pengujian dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sistem komunikasi data serial dari komputer *server* ke sistem telerobot, dari komputer *client* ke komputer *server* melalui jaringan internet dan juga akurasi dari gerakan *join 0* pada lengan telerobot yang dibangun.

3.7 Analisis Hasil

Analisis dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kelebihan dan kelemahan sistem sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perbaikan sistem. Analisa akan difokuskan kepada sistem pertukaran data prototip yang di bangun yang menggunakan

sistem protokol TCP/IP yang mudah digunakan. Selain itu analisa juga dilakukan penggunaan potensiometer sebagai sensor dari prototip sambungan 0 lengan telcrobot.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir ini adalah penarikan kesimpulan berdasarkan pengujian sistem dan analisis hasil pengujian. Kesimpulan ini sangat berguna dalam merangkum hasil akhir dari suatu penelitian. Bagian ini juga dilengkapi dengan saran-saran untuk menyempurnakan hasil penelitian.

