
BAB I

DASAR-DASAR ROBOTIKA

1.1 Pendahuluan

Istilah robot berasal dari bahasa Cekoslowakia. Kata robot berasal dari kosakata “Robota” yang berarti “kerja cepat”. Istilah ini muncul pada tahun 1920 oleh seorang pengarang sandiwara bernama Karel Capek. Karyanya pada saat itu berjudul “Rossum’s Universal Robot” yang artinya Robot Dunia milik Rossum. Rossum merancang dan membangun suatu bala tentara yang terdiri dari robot industri yang akhirnya menjadi terlalu cerdas dan akhirnya menguasai manusia.

Kata Robotika juga berasal dari novel fiksi sains “runaround” yang ditulis oleh Isaac Asimov pada tahun 1942. Sedangkan pengertian robot secara tepat adalah sistem atau alat yang dapat berperilaku atau meniru perilaku manusia dengan tujuan untuk menggantikan dan mempermudah kerja/aktifitas manusia.

Untuk dapat diklasifikasikan sebagai robot, maka robot harus memiliki dua macam kemampuan yaitu:

- 1) Bisa mendapatkan informasi dari sekelilingnya.
- 2) Bisa melakukan sesuatu secara fisik seperti bergerak atau memanipulasi objek.

Untuk dapat dikatakan sebagai robot sebuah sistem tidak perlu untuk meniru semua tingkah laku manusia, namun suatu sistem tersebut dapat mengadopsi satu atau dua dari sistem yang ada pada diri manusia saja sudah dapat dikatakan sebagai robot. Sistem yang diadopsi dapat berupa sistem penglihatan (mata), sistem pendengaran (telinga) ataupun sistem gerak.

Sebuah robot dapat saja dibuat untuk berbagai macam aktifitas, namun sebuah robot harus dibuat dengan tujuan untuk kebaikan manusia.

Ada beberapa fungsi robot, sehingga manusia memerlukan kehadirannya yaitu:

1. Meningkatkan produksi, akurasi dan daya tahan. Robot ini banyak digunakan di industri.
2. Untuk tugas-tugas yang berbahaya, kotor dan beresiko. Robot ini digunakan ketika manusia tidak mampu masuk ke daerah yang beresiko. Seperti Robot Untuk menjelajah planet, robot untuk mendeteksi limbah nuklir, robot militer dll.
3. Untuk pendidikan. Banyak robot yang digunakan untuk menarik pelajar belajar teknologi seperti robot lego, dll.
4. Untuk menolong manusia. Seperti di rumah untuk membersihkan rumah pakai penghisap debu otomatis, di rumah sakit untuk menghantar makanan, membantu operasi, dll.

1.2 Sejarah dan Perkembangan Teknologi Robot

Keunggulan dalam teknologi robotika tak dapat dipungkiri telah lama dijadikan ikon kebanggaan negara-negara maju di dunia. Kecanggihan teknologi yang dimiliki, gedung-gedung tinggi yang mencakar langit, tingkat kesejahteraan rakyatnya yang tinggi, kota-kotanya yang modern, belumlah terasa lengkap tanpa popularitas kepiawaian dalam dunia robotik.

Menurut fu, et al. (1987) penelitian dan pengembangan pertama yang berbuah produk robotika dapat dilacak mulai dari tahun 1940-an ketika Argonne National Laboratories di Oak Ridge, Amerika, memperkenalkan sebuah mekanisme robotika yang dinamai master-slave manipulator. Robot ini digunakan untuk menangani material radioaktif. Kemudian produk pertama robot komersial diperkenalkan oleh Unimation Incorporated, Amerika pada tahun 1950-an. Hingga belasan tahun kemudian langkah komersial ini telah diikuti oleh perusahaan-perusahaan lain. Namun demikian, seperti ditulis dalam beberapa sumber, penelitian intensif dibidang teknologi robotika dan keinginan menjadikan robotika sebagai sebuah disiplin ilmu kala itu belum terpikirkan.

Baru setelah dunia mulai menapak ke jaman industri pada pertengahan tahun 60-an kebutuhan akan otomasi makin menjadi-jadi. Pada saat itulah robotika diterima sebagai disiplin ilmu baru yang mendampingi ilmu-ilmu dasar dan teknik yang telah mapan sebelumnya. Di negara-negara yang telah

mapan kala itu, seperti Amerika, Inggris, Jerman dan Perancis mulai bermunculan grup-grup riset yang menjadikan robotika sebagai temanya, kemudian diikuti oleh Jepang, yang dipelopori oleh ilmuwan-ilmuwan yang baru pulang dari menimba ilmu di Amerika. Bahkan, di kemudian hari Jepang-lah yang tercatat sebagai negara yang paling produktif dalam mengembangkan teknologi robot. Hal ini tidak lain karena Jepang gigih dalam melakukan penelitian teknologi infrastruktur seperti komponen dan piranti mikro (microdevices) yang akhirnya bidang ini terbukti sebagai inti dari pengembangan robot modern.

Dewasa ini mungkin definisi robot industri itu sudah tidak sesuai lagi karena teknologi mobile robot sudah dipakai secara meluas sejak tahun 80-an. Seiring itu pula kemudian muncul istilah robot humanoid, animaloid, dan sebagainya. Bahkan kini dalam industri spesifik seperti industri perfilman, industri angkasa luar dan industri pertahanan atau mesin perang, robot arm atau manipulator bisa jadi hanya menjadi bagian saja dari sistem robot secara keseluruhan.

Robotika memiliki unsur yang sedikit berbeda dengan ilmu-ilmu dasar atau terapan yang lain dalam berkembang. Ilmu dasar biasanya berkembang dari suatu asa atau hipotesis yang kemudian diteliti secara metodis. Ilmu terapan dikembangkan setelah ilmu-ilmu yang mendasarinya berkembang dengan baik. Sedangkan ilmu robotika lebih sering berkembang melalui pendekatan secara praktis pada awalnya. Kemudian melalui suatu pendekatan atau perumpamaan dari hasil pengamatan perilaku makhluk hidup atau benda/mesin/peralatan bergerak lainnya dikembangkanlah penelitian secara teoritis. Dari teori kembali kepada praktis, dan dari robot berkembang menjadi lebih canggih.

Mekatronik adalah istilah umum yang menjadi populer seiring dengan perkembangan padu mekanik dan elektronik. Mekatronik terdiri dari 4 disiplin ilmu, yaitu mekanik (mechanics), elektronik, teknik kontrol berbasis prosesor serta pemrograman seperti halnya dalam bidang robotik. Sebuah produk mekatronik belum tentu robot, namun robot pasti mekatronik. Banyak produk mekatronik disekeliling kita, misalnya mesin cuci, CD/DVD/ video/cassette player, walkman hingga vacuum cleaner. Dalam bidang otomotif produk mekatronik yang diterapkan pada mobil yaitu ABS (anti lock breaking sistem),

active suspension sistem, dsb. Dalam dunia industri, perdagangan dan gedung-gedung perkantoran dikenal berbagai peralatan otomatis seperti pintu otomatis, lift, escalator, mesin fotocopy, dan masih banyak lagi.

Penelitian bidang robotika dalam kehidupan organik (bio science) juga semakin mendalam dan bahkan cenderung tak teduga arahnya. Jika dalam dunia kedokteran telah dikenal teknik kloning makhluk hidup yang kontroversial itu, maka dalam dunia robotika juga dikenal suatu proyek penelitian yang disebut sebagai implant sensor/aktuator atau implant interface. Interface berupa chip IC berukuran mikro ditanamkan ke dalam makhluk hidup dengan tujuan agar komputer dapat di luar dapat mengendalikan dan atau memonitor kegiatan saraf organik manusia secara langsung di dalam pembuluh darah atau saraf tubuh.

1.3 Penelitian di Bidang Robotika

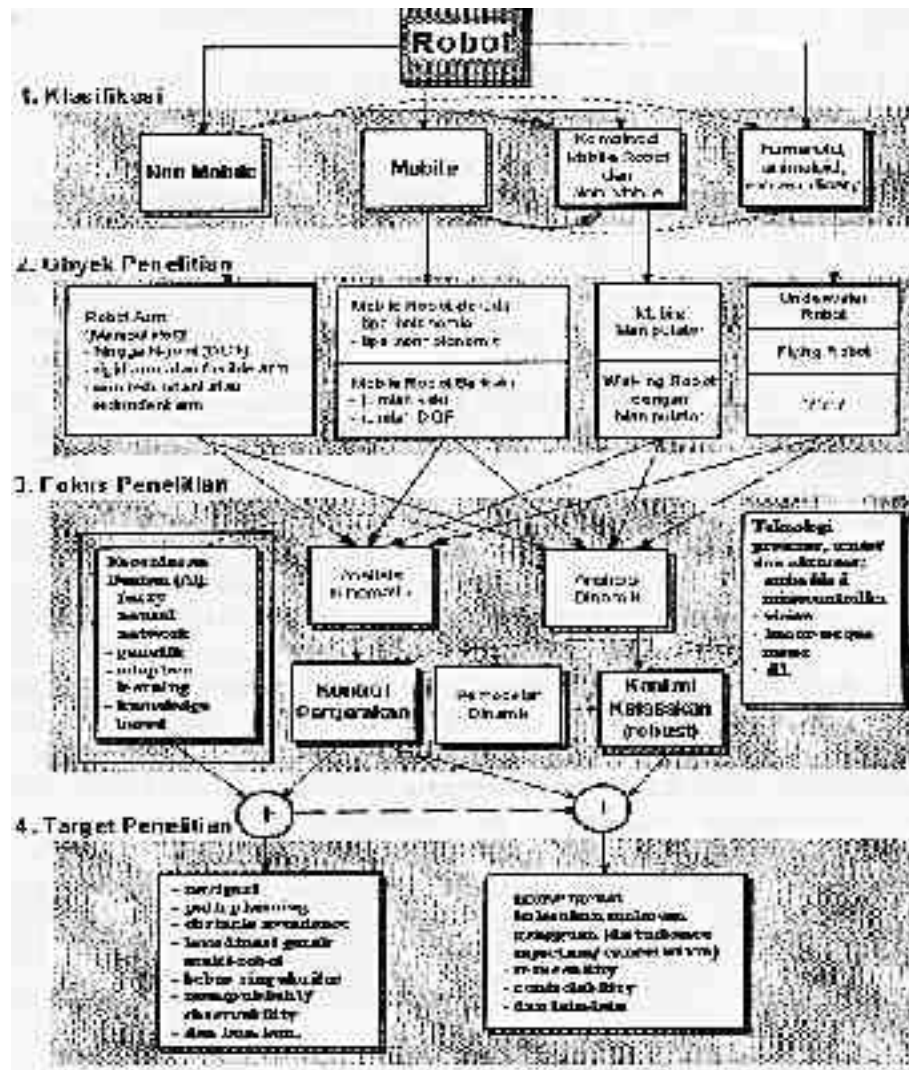
Perkembangan suatu ilmu tak lepas dari peran para peneliti kalau tak dapat dikatakan bahwa justru penelitilah yang menyebabkan suatu ilmu itu berkembang. Robotika memiliki unsur yang sedikit berbeda dengan ilmu-ilmu dasar atau terapan yang lain dalam berkembang. Ilmu dasar biasanya berkembang dari suatu asas atau hipotesis yang kemudian diteliti secara metodis. Ilmu terapan dikembangkan setelah ilmu-ilmu yang mendasarinya berkembang dengan baik, sedangkan ilmu robotika lebih sering berkembang melalui pendekatan praktis pada awalnya. 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 canggih.

Perkembangan penelitian di bidang robotika lazimnya dapat segera diketahui dengan mencermati aplikasinya di dunia industri atau produk kegiatan penelitian skala laboratorium di group-group 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 secara terbuka di situs-situs penelitian, maka dalam mencari tahu suatu perkembangan terbaru dalam dunia robotika menjadi sangat mudah.

Untuk mengetahui dalam tema apa saja robotika dapat diteliti, maka **Gambar 1.1** dapat mengilustrasikannya. Di dalam gambar dijelaskan tentang keterkaitan seluruh komponen atau sub-domain dalam ruang lingkup penelitian di bidang robotika. Secara garis besar penelitian di bidang robotika dapat dilakukan dengan memilih tema berdasarkan alur dalam 4 tahapan, yaitu klasifikasi, obyek penelitian, fokus penelitian dan target penelitian. Dari blok klarifikasi, struktur robot dapat diketahui berada dalam kelompok mana. Dari sini, obyek penelitian dapat ditentukan dan dijabarkan secara detil parameter-parameternya.

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 diberi nama konvensional karena nama yang dipakai dalam konteks penelitian adalah nama-nama yang dianggap sudah umum, seperti mobile manipulator, climbing robot (robot pemanjat), walking robot (misalkan : bi-ped robot) dan nama-nama lain yang sudah populer. Sedangkan kelompok non-konvensional dapat berupa robot humanoid, animaloid, extra-ordinary, atau segala bentuk inovasi penyerupaan yang bisa dilakukan. Kelompok kedua ini banyak di manfaatkan sebagai ikon keunggulan dalam penelitian robotika, seperti robot ASIMO buatan Jepang. Sementara robot dalam 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 robot 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 tersendiri. 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.



Gambar 1.1. Ilustrasi penelitian dalam domain robot

Mobile Robot adalah tipe robot yang paling populer dalam dunia penelitian robot. Sebutan ini biasa digunakan sebagai kata kunci utama untuk mencari rujukan atau referensi yang berkaitan dengan robotika di internet. Publikasi dengan judul yang berkaitan dengan mobile robot sering menjadi daya tarik, tidak hanya bagi kalangan peneliti, tetapi 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.

Fokus penelitian dapat diambil dengan titik berat perhatian lebih kepada kinematik atau dinamik atau kedua-duanya. Dari analisa kinematik saja, bila obyek penelitian yang diambil adalah konfigurasi robot yang benar-benar baru (belum ada penelitian sebelumnya yang mengkaji) kontribusi keilmuan dapat diperoleh hanya dengan mengkaji persamaan kinematik dan kontrol dasarnya. Dalam hal ini seringkali pembahasan yang mendalam secara matematik diperlukan. Beberapa hasil penelitian yang difokuskan pada pembahasan kinematik dapat dijumpai pada paper-paper Bayle, et al. (2002), D'Souza, et al. (2001), dan Tchon (2002).

Pembahasan khusus dalam hal dinamika robot juga sangat menjanjikan dalam perolehan kontribusi keilmuannya. Tujuan utama kajian dinamik ini adalah untuk mendapatkan disain kontrol yang lasak (robust) yang mampu meredam gangguan dengan baik. Masih banyak struktur-struktur robot yang kompleks belum dikaji secara mendalam model dinamikanya oleh karena rumitnya persoalan pemodelan matematik sistem robot, sifat-sifat alami (friksi pada poros aktuator, backlash pada gearbox, noise pada sensor, nonlinieritas dari pada aktuator, dsb.) dan lingkungan (gangguan luar berupa efekpembebanan, jalan yang tidak rata, getaran,dll.). Dari persamaan dinamik ini kontrol dasarnya dapat dirancang secara sistematis. Bahasan kontrol robot yang dimulai dari pemodelan robot secara penuh ini (kinematik dan dinamik) biasa disebut sebagai model-based control. Beberapa kajian yang sangat mendalam tentang dinamik robot dan kontrolnya dapat dijumpai pada paper-paper Hewit dan Burdett (1981), Arimoto (1984), Yamamoto dan Yun (1996), dan Godler, et al. (2002). Pada kasus dinamik robot yang rumit seringkali dibutuhkanbantuan kecerdasan buatan untuk mengidentifikasi model matematiknya. Lin dan Goldenberg(2001) menggunakan jaringan saraf tiruan (artificial neural network) untuk mengidentifikasi model dan kontrol yang sesuai untuk sebuah mobile manipulator. Sedangkan Sakka dan Chochron (2001) menggunakanalgorithmagenetic. Metoda sistem berbasis pengetahuan (knowledge-basedsystem) juga dapat digunakan sebagai pilihan untuk menyelesaikan masalah ketidakpastian dalam pemodelan dinamik, seperti pada paper Pitowarno, et al. (2001).

Gabungan kontrol kinematik dan kontrol dinamik yang baik akan menghasilkan kontrol gerak robot (robot motion control) yang lasak. Hal ini adalah merupakan tujuan utama dalam rancang bangun robot ideal. Namun demikian, dewasa ini penelitian tentang aplikasi kecerdasan buatan dalam kontrol robot lebih banyak ditujukan untuk memperoleh kontrol kinematik yang canggih. Lebih-lebih kebutuhan akan metoda navigasi, pemetaan medan jelajah (path planning), kemampuan untuk menghindari halangan (obstacle avoidance), dan kemampuan untuk menghindari tabrakan sesama robot (collision) masih dianggap lebih utama daripada mengkaji kesempurnaan dan kepresisian gerak robot, kalau tidak dapat dikatakan bahwa kajian dinamik memang lebih rumit dibandingkan dengan kajian kinematik.

Kelompok no.4 dalam **Gambar 1.1** mengisyaratkan bahwa tujuan penelitian dengan titik berat pada analisis kinematik memang berbeda dengan tujuan penelitian dengan titik berat pada kajian dinamik. Kalau kedua goal ini dapat dikolaborasikan dengan baik maka tidak mustahil dalam waktu dekat para peneliti mampu menciptakan robot-robot mirip manusia yang mampu bekerja sama seperti mengangkat dan memindah barang, bermain bola dalam suatu kesebelasan, bahkan menjadi tentara.

1.3.1 Mekatronik vs Robotik

Mekatronik adalah istilah umum yang menjadi populer seiring dengan perkembangan padu mekanik dan elektronik. Mekatronik terdiri dari 4 disiplin ilmu, yaitu mekanik (mechanics), elektronik, teknik kontrol berbasis prosesor dan pemrograman seperti halnya pada bidang robotika. Sebuah produk mekatronik belum tentu robotika, namun robot adalah bagian dari mekatronik. Banyak produk mekatronik di sekeliling kita, misalkan mesin cuci, CD/DVD/video/cassette player, walkman, hingga vacuum cleaner. Di dalam dunia otomotif ada mobil yang dilengkapi dengan sistem parkir otomatis tanpa sopir, ABS (anti lock braking system), active suspension system, dsb. Dalam dunia industri, perdagangan dan gedung-gedung perkantoran dikenal berbagai peralatan otomatis seperti pintu otomatis, lift, eskalator, mesin fotokopi, dan masih banyak lagi.

Dengan berkembangnya ilmu di bidang control cerdas (intelligent control) maka dikenal pula istilah intelligent mechatronics yang dimaksudkan untuk mendeskripsikan produk mekatronik yang telah dimuati suatu kecerdasan buatan. Sebagai contoh, mesin cuci berbasis control fuzzy (fuzzy control washing machine), mesin penjual minuman otomatis yang dilengkapi sistem validasi uang menggunakan metoda jaringan saraf tiruan (artificial neural network), dll. Sistem printer, scanner dan fotokopi dalam satu alat juga termasuk dalam kategori ini.

Penelitian mutakhir dalam bidang mekatronik hampir tak dapat dipisahkan dengan penelitian di bidang robotika itu sendiri. Sebagai contoh, ultrasonic motor dan teknologi MEMS (micro electro mechanical system) yang dikembangkan untuk pembuatan sistem aktuator berukuran mikro atau lebih kecil dari 1 mm (Simokohbe, 2005). Meski penelitian ini masih sangat baru dan belum menunjukkan kemajuan berarti, namun jika berhasil, dipercayai manfaatnya sangat besar dalam aplikasi di dunia kedokteran dan rekayasagenetika.

1.3.2 Robotik vs Bio-Science

Dalam dekade terakhir ini penelitian bidang robotika dalam dunia kehidupan organik (bio science) juga semakin mendalam dan bahkan cenderung tak terduga arahnya. Jika dalam dunia kedokteran telah dikenal teknik kloning mahluk hidup yang kontroversial itu, maka dalam dunia robotika juga dikenal suatu proyek penelitian yang disebut sebagai implant sensor/aktuator atau impant interface. Interface berupa chip IC berukuran mikro ditanamkan ke dalam tubuh mahluk hidup dengan tujuan agar komputer di luar dapat mengendalikan dan atau memonitor kegiatan saraf organik manusia secara langsung di dalam pembuluh darah atau saraf tubuh.

Hasil-hasil awal penelitian ini sudah mulai dipublikasikan (Warwick 2005). Di dalam paper ini diterangkan tentang sebuah eksperimen pengendalian tikus agar berjalan sesuai dengan perintah dari computer. Sebuah chip telah ditanamkan di kepalanya.
