BAB 2
LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Robot

Robot berasal dari kata "*robota*" yang dalam bahasa Ceko yang berarti budak, pekerja atau kuli. Pertama kali kata "*robota*" diperkenalkan oleh Karel Capek dalam sebuah pentas sandiwara pada tahun 1921 yang berjudul RUR (*Rossum's Universal Robot*) [1]. Pentas ini mengisahkan mesin menyerupai manusia yang dapat bekerja tanpa lelah yang kemudian memberontak dan menguasai manusia. Istilah "robot" ini kemudia mulai terkenal dan digunakan untuk menggantikan istilah yang dikenal saat itu automation. Dari berbagai literatur robot dapat didefiniskan sebagai sebuah alat mekanik yang dapat diprogram berdasarkan informasi dan lingkungan (melalui sensor) sehingga dapat melaksanakan beberapa tugas tertentu baik secara otomatis ataupun tidak sesuai yang di inputkan berdasarkan logika. Definisi yang paling dapat diterima adalah dari "*Robot Institute of America*" yang didefiniskan robot sebagai manipulator yang berfungsi jamak yang dapat diprogram ulang dan dirancang untuk memindahkan benda kerja, komponen-komponen, peralatan atau perangkat khusus dengan berbagai macam tugas.

2.1.1 Sejarah dan Perkembangan Robot

Robot pada awalnya diciptakan untuk menggantikan kerja manusia untuk sesuatu yang berulang, membutuhkan ketepatan yang tinggi dan juga untuk menggantikan manusia bila harus berhubungan dengan daerah berbahaya. Penggunaan robot lebih banyak teletak pada industri, misalnya untuk proses *weilding* pada industri otomotif. Selain pada industri penggunaan robot semakin berkembang luas ke berbagai bidang contohnya seperti bidang militer. Di era kemajuan teknologi robot secara global, berbagai negara-negara maju membuat pertahanan militer meraka dengan mengandalkan robot-robot yang dapat menggantikan posisi tentara manusia dimedan perang. Hal ini juga didukung dengan kemajuan teknologi mikroprosessor dan mikrokontroller turut serta

mengambil bagian dalam teknologi robot [1]. Mikroprosessor yang menjadi bagian terpenting dalam teknologi robot, membuat robot tidak hanya dapat berjalan, tetapi sudah bisa membuat sesuatu ungkapan ekpresi seperti tersenyum, tertawa, sedih bahkan sampai melakukan pekerjaan yang kompleks sekalipun. Saat ini, Amerika Serikat dan Jepang telah menggunakan robot-robot canggih di dalam pertahan militernya, seperti di Irak dan Afganistan yang di serang Amerika Serikat. Robot-robot ataupun instrumen militer yang dibuat tentunya lebih efektif dibandingkan tentara manusia, mereka tidak pernah ragu menggempur musuh, menembakan peluru, rudal maupun misil ke arah manapun sesuai perintah. Tidak ada perasaan yang dilibatkan hanya perintah dari kode-kode intruksi yang dijalankan melalui program yang telah didefinisikan untuk tugas tertentu. Jepang merupakan negara yang menghabiskan dana besar dalam riset dan proyek penelitian robot. Hal ini dapat dilihat dari implementasi robot yang dilakukan oleh negara ini. Mulai dari robot pelayan yang menyajikan makanan hingga robot yang mampu menggantikan seorang presenter televisi. Sisi ambisius manusia dalam pengembangan robot ternyata tidak hanya berhenti pada bidang pelayanan umum. Keinginan membuat alat perang yang tidak mungkin menolak perintah dan tidak ragu dalam mengerjakan misi tentunya menjadi impian para petinggi militer di negara manapun juga.

Prajurit manusia dianggap memiliki kelemahan seperti moral yang terkadang naik dan turun. Keterlibatan perasaan saat menjalankan misi dan kemampuan untuk membangkan dari perintah. Banyak sekali keutungan yang bisa diperoleh oleh sebuah negara jika mampu mengembangkan robot tentara. Tidak ada lagi prajurit yang harus dikorbankan, dan tidak ada lagi keluarga prajurit yang harus menangis karena sanak keluarganya tewas di medan pertempuran.

2.2 Klarifikasi Umum Robot

Secara umum robot dapat diklarifikasikan berdasarkan penggunaan akuator, berdasarkan kebutuhan akan operator robot, dan berdasarkan kegunaannya [2].

2.2.1 Klarifikasi Robot Berdasarkan Penggunaan Akuator

Dalam klarifikasi ini terdapat robot manipulator dan robot mobile. Jenis robot mobile ada 2 (dua) yaitu robot beroda dan robot berkaki [2].

2.2.1.1 Robot Manipulator

Robot ini hanya memiliki satu tangan seperti tangan manusia yang fungsinya untuk memegang atau memindahkan barang. Robot manipulator merupakan sebuah rangkaian benda kaku (*rigid bodies*) terbuka yang terdiri atas sendi dan terhubung dengan link dimana setiap posisi sendi ditentukan dengan variabel tunggal sehingga jumlah sendi sama dengan nilai derajat kebebasan. Robot manipulator yang sering dipakai sebagai robot industri pada dasarnya terdiri atas struktur mekanik, penggerak (*aktuator*), sensor dan sistem kontrol. Dasar (base) manipulator sering disebut kerangka dasar (*base frame*) dan ujung dari manipulator biasanya dilengkapi dengan end-efector yang salah satu jenisnya adalah *gripper* [2].

Untuk lengkapnya, gambar robot manipulator ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah ini. Sendi merupakan tempat sambungan lengan untuk melakukan putaran atau gerakan. Terdapat banyak jenis sendi. Jenis sendi yang paling banyak digunakan terdiri atas dua macam, yaitu sendi revolute joint dan prismatic joint. Revolute joint sering digunakan sebagai pinggang (*waist*), bahu (*shoulder*) dan siku (*elbow*), dan pergerakan revolute joint akan menghasilkan satu derajat kebebasan.



Gambar 2. 1 Robot Manipulator

Bagian dasar manipulator bisa kaku terpasang pada lantai area kerja ataupun terpasang pada rel. Rel berfungsi sebagai *path* atau alur sehingga memungkinkan robot untuk bergerak dari satu lokasi ke lokasi lainnya dalam satu area kerja. Bagian tambahan merupakan perluasan dari bagian dasar, bisa disebut juga lengan atau *arm*. Bagian ujungnya terpasang pada *efektor* yang berfungsi untuk mengambil atau mencekam material. Manipulator digerakkan oleh aktuator atau disebut sistem *drive* yang menyebabkan gerakan yang bervariasi dari manipulator. Aktuator bisa menggunakan elektrik, hidrolik ataupun pneumatik [2].

Aktuator elektrik adalah aktuator yang menggunakan listrik sebagai tenaga penggeraknya. Beberapa aktuator elektrik yang biasa digunakan antara lain solenoid, motor DC, motor stepper, *servomotor*, dan motor AC. Sedangkan aktuator hidrolik adalah aktuator yang menggunakan fluida dalam bentuk cairan sebagai pemacu gerakannya. Aktuator ini memiliki torsi yang besar tetapi responnya cukup lambat. Prinsip kerja hidrolik menggunakan perbedaan volume cairan yang ditekan atau dimampatkan untuk membangkitkan tekanan pada piston [2].

Aktuator pneumatik adalah aktuator yang menggunakan udara sebagai pemicu gerakannya. Sifatnya sukar dikendalikan tetapi memiliki respon yang lebih cepat. Prinsip kerja pneumatik menggunakan perbedaan volume udara

yang ditekan atau dimampatkan untuk membangkitkan tekanan pada piston.

2.2.1.2 Mobile Robot

Mobile robot adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain. Secara umum robot *mobile* dibagi menjadi dua yaitu robot beroda dan robot berkaki [2].

a. Robot Beroda (*Wheeled Robot*)

   Robot beroda ini sangat disukai bagi orang yang mulai mempelajari robot. Hal ini karena membuat robot ini tidak memerlukan kerja fisik yang berat. Roda seringkali dipilih, karena memberikan *traction* yang bagus, mudah diperoleh dan dipakai, dan juga mudah untuk memasangnya pada robot. Untuk dapat membuat sebuah robot beroda minimal diperlukan pengetahuan tentang mikrokontroler dan sensor-sensor elektronik. *Base* robot beroda dapat dengan mudah dibuat dengan menggunakan *plywood* atau triplek, akrilik dan menggunakan logam. Robot ini dapat dibuat sebagai pengikut garis (*line follower*) atau pengikut dinding (*wall follower*) ataupun pengikut cahaya. Pada Gambar 2.2 di bawah ini adalah robot beroda [2].



Gambar 2. 2 Robot Beroda

b. Robot Berkaki

Untuk melewati medan yang tidak menentu, robot berkaki sangat baik digunakan karena robot berkaki lebih mudah beradaptasi bila dibandingkan menggunakan roda seperti untuk menaiki tangga. Bentuk robot berkaki banyak diadopsi dari bentuk mahkluk hidup atau manusia. Gambar 2.3 di bawah ini adalah robot berkaki, salah satu jenisnya adalah robot serangga [2].



Gambar 2. 3 Robot Berkaki

2.2.2 Klarifikasi Robot Berdasarkan Kebutuhan akan Operator Robot

Klarifikasi ini terdiri atas *autonomous robot*, *teleoperated robot*, dan *semi autonomous* robot. Dari ketiga jenis robot tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut [11].

2.2.2.1 Autonomous Robot

Robot *autonomous* adalah robot yang dapat melakukan tugas-tugas yang diinginkan dalam lingkungan yang tidak terstruktur tanpa bimbingan manusia secara terus menerus. Banyak jenis robot memiliki beberapa tingkat otonomi. Tingkatan otonomi sangat dibutuhkan dalam bidang-bidang, seperti eksplorasi

ruang angkasa, membersihkan lantai, memotong rumput, dan pengolahan air limbah [11]. Berikut pada gambar 2.5 salah satu gambar robot *autonomous*.



Gambar 2. 4 *Autonomous Robot*

2.2.2.2 Teleoperated Robot

Robot ini dalam pengoperasian mesinnya dikendalikan dari kejauhan. Hal ini mirip dalam arti untuk frase "*remote control*", dikendalikan oleh operator (manusia) menggunakan *remote control*. Pada Gambar 2.5 di bawah ini *teleoperated robot* dan alat pengontrolnya [2].



Gambar 2. 5 *Teleoperated Robot*

2.2.2.3 Semi Autonomous Robot

Robot semi *autonomous* adalah robot yang pengendaliannya secara otomatis untuk pengerjaan tertentu dan pengendalian jarak jauh dengan menggunakan *remote control*. Hal ini bertujuan robot dapat melewati lingkungan atau lintasan yang berbahaya bagi manusia. Gambar 2.6 di bawah ini adalah robot *mobile* yang dapat bergerak otomatis untuk pekerjaan tertentu dan dapat juga dikendalikan secara manual [2].



Gambar 2. 6 *Semi Autonomous Robot*

2.3 Komponen Robot

Pada dasarnya pembuatan robot terdiri dari beberapa komponen, diantaranya perangkat elektronik dan perangkat lunak *(software*). Berikut penjelasan dari beberapa komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan robot [3].

2.3.1 Perangkat Elektronik

Secara fisik perangkat elektronik terdiri dari beberapa komponen. Sistem adalah komponen-komponen yang saling bekerja sama membentuk suatu kesatuan. Apabila salah satu komponen tidak berfungsi, maka akan mengakibatkan tidak berfungsinya suatu perangkat elektronik dengan baik.

Komponen-komponen yang dimaksud ini merupakan elemen perangkat keras *(hardware)* [3].

*2.3.1.1 Battery (*Catu Daya*)*

Battery adalah sebuah komponen yang menyediakan tenaga pada robot agar dapat bekerja. *Battery* memegang peranan yang sangat penting dalam hal perancangan. Tanpa komponen ini perancangan tidak akan berfungsi. Begitu juga bila pemilihan *battery* tidak tepat, maka robot tidak akan bekerja dengan baik [3]. Penentuan sistem *battery* yang akan digunakan ditentukan oleh banyak faktor, diantaranya :

1. Tegangan

   Setiap akuator tidak memiliki tegangan yang sama. Hal ini akan berpengaruh terhadap desain *battery*. Tegangan tertinggi dari salah satu akuator akan menentukan nilai tegangan *battery*.

2. Arus

   Setiap akuator satuan *Ah* (*Ampere Hour*). Semakin besar *Ah*, semakin lama daya tahan *battery* bila digunakan pada beban yang sama.

3. Teknologi *Battery*

   Battery isi ulang ada yang dapat di isi hanya apabila benar-benar kosong dan ada pula yang dapat di isi ulang kapan saja tanpa harus menunggu *battery* tersebut benar-benar kosong. *Battery* yang digunakan pada robot mobile adalah *battery* berjenis lithium polymer. Hal ini karena jenis *battery* ini merupakan jenis *battery* yang dapat di isi ulang kapan saja tanpa harus menunggu *battery* benar-benar kosong. Pada gambar 2.7 di bawah ini salah satu jenis *battery lithium polymer*.



Gambar 2. 7 *Battery Lithium Polymer*

2.3.1.2 Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah di atas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor ultrasonik terdiri dari dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima [3]. Pada gambar 2.8 di bawah ini merupakan salah satu bentuk sensor *ultrasonic*.



Gambar 2. 8 Sensor Jarak *Ultrasonic*

Struktur unit pemancar dan penerima sangatlah sederhana, sebuah kristal *piezoelectric* dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan

dengan diafragma penggetar. Tegangan bolak-balik yang memiliki frekuensi kerja 40 KHz – 400 KHz diberikan pada plat logam. Struktur atom dari kristal *piezoelectric* akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan dan ini disebut dengan efek *piezoelectric* [3].

Kontraksi yang terjadi diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke udara (tempat sekitarnya). Pantulan gelombang ultrasonik akan terjadi bila ada objek tertentu dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek *piezoelectric* menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama. Besar aplitudo sinyal elektrik yang dihasilkan unit sensor penerima tergantung dari jauh dekatnya objek yang terdeteksi serta kualitas dari sensor pemancar dan sensor penerima. Proses sensoring yang dilakukan pada sensor ini memggunakan metode pantulan untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek sasaran. Jarak antara sensor tersebut dihitung dengan cara mengalihkan waktu yang digunakan oleh sinyal *ultrasonic* dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim sampai diterima oleh rangkaian penerima, dengan kecepatan rambat dari sinyal *ultrasonic* tersebut pada media rambat yang digunakannya, yaitu udara [3].

2.3.1.3 Motor DC

Roda digerakkan menggunakan dua buah motor DC yang dipasang pada roda sebelah kiri dan kanan. Motor DC merupakan peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Secara umum, kecepatan putaran poros motor DC akan meningkat seiring dengan miningkatnya tegangan yang diberikan [4]. Dengan demikian, putaran motor DC akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga berubah. Pada gambar 2.9 di bawah ini salah satu jenis motor DC.



Gambar 2. 9 Motor DC

Motor DC juga menggunakan gear berfungsi untuk membantu putaran roda, pemilihan motor dear DC berdasarkan pada putaran dan torsi yang lebih besar dibandingkan dengan motor stepper atau motor servo, juga didasarkan atas ketersediaan di pasaran selain harga murah juga banyak variasinya. Gear DC tidak dapat dikendalikan langsung oleh mikrokontroler, karena kebutuhan arus yang besar sedangkan keluaran arus dari mikrokontroler sangat kecil. Motor driver merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk menggerakan motor DC [4].

2.3.1.4 Driver Motor DC

Motor DC tidak dapat dikontrolkan langsung oleh mikrokontroler, karena kebutuhan arus yang besar sedangkan keluaran arus dari mikrokontroler sangat kecil. *Driver* motor yang dapat digunakan untuk menggerakkan motor DC.

Driver motor adalah sirkuit elektronika yang memungkinkan tegangan dan arus mengalir searah beban atau motor DC secara benar artinya dapat mengatur arah putaran motor DC sesuai dengan keinginan. Di dalam *IC* driver motor berisi empat buah *driver-H* yang berfungsi sebagai pengatur arus listrik secara dua arah karena dalam pembuatan *mobile remote* membutuhkan dua motor DC. Jenis *IC* yang di pakai sebagai driver motor adalah *IC* IR P803 dan *IC* IR P119F (*mosfet*) [4]. Pengontrolan kecepatan kedua motor dilakukan dengan cara pengontrolan lama pulsa aktif (mode PWM – *Pulse Width Modulation*) yang dikirimkan ke

rangkaian driver motor oleh pengendali (mikrokontroler *basic stamp*). Duty *cycle* PWM yang dikirimkan menentukan kecepatan putaran motor DC [4].

2.3.1.5 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi rotornya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian *gear*, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo [4]. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Pada motor servo biasanya terdapat tiga buah kabel, yang pertama untuk tegangan masukan, yang kedua untuk menerima sinyal PWM, dan yang ketiga untuk *ground* [4]. Pada gambar 2.10 di bawah ini merupakan salah satu motor servo.



Gambar 2. 10 Motor Servo

Motor Servo ini terbagi menjadi 2 jenis, yaitu :

a. Motor servo *standard*

   Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah yaitu searah jarum jam dan kebalikan dari arah jarum jam dengan defleksi masing-masing

sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan-tengah-kiri adalah 180°.

b. Motor servo *continous*

Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah, yaitu searah jarum jam dan kebalikan dari arah jarum jam tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu).

2.3.1.6 Comparator (Komparator)

Komparator secara harfiah berarti membandingkan, dalam hal ini adalah membandingkan dua macam tegangan pada kedua masukannya. Dalam prakteknya tegangan yang satu dicatu oleh suatu acuan (*reference)* yang besarnya tetap, sedangkan yang lainnya oleh suatu masukan tegangan yang variable, bilamana tersambung (*on*). Apabila masukan *non inverting* lebih positif dari masukan *inverting*-nya, maka akan diperoleh keluaran maksismum positif. Dan bilamana masukan *inverting* lebih positif dibandingkan masukan *non invertingnya*, maka akan diperoleh keluaran maksimum negatif [4].

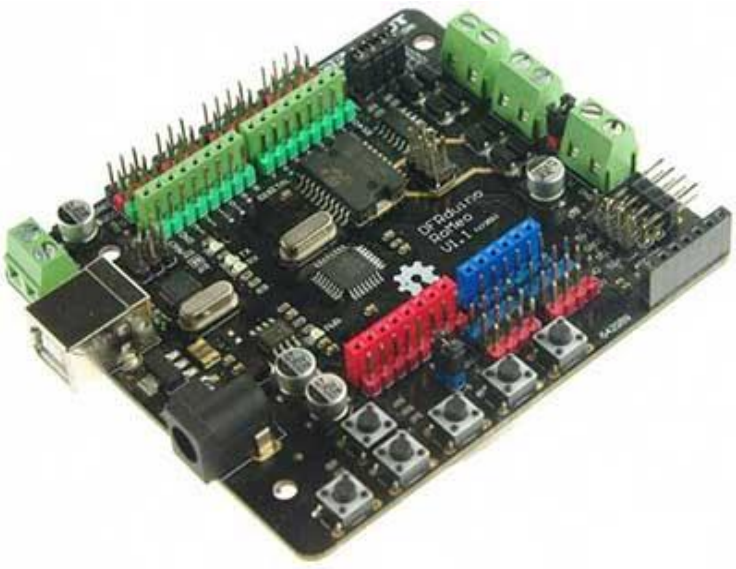
Komparator adalah suatu penguat operasional. Penguat operasional adalah faktor penguatan yang tinggi dan terhubung secara langsung. Penguat ini biasanya digunakan untuk menguatkan sinyal berjalur frekuensi lebar dan digunakan bersama jaringan umpan balik eksternal. Penguat operasional memiliki 5 terminal dasar yaitu, 2 untuk memberikan daya, 2 untuk masukan dan satu untuk keluaran [4]. Pada gambar 2.11 di bawah ini merupakan salah satu dari bentuk fisik komparator.



Gambar 2. 11 Komparator

2.3.1.7 Arduino Romeo

Mikrokontroler yang digunakan dalam pembuatan robot ini adalah DF Mobil remot Arduino Romeo. DF mobil remote Arduino Romeo *All-in-one Microcontroller* (ATMega 328) adalah arduino mikrokontroler komatibel semua in-One khusus dirancang untuk aplikasi mobil *remoteika* [14]. Romeo manfaat dari *platform open source* Arduino, didukung oleh ribuan kode open source, dan dapat dengan mudah diperluas dengan arduino *shields*. Terintegrasi 2 (dua) jalan motor DC pengemudi dan soket nikrabel memungkinkan untuk memulai proyek segera tanpa perlu driver motor tambahan atau perisai nikrabel. Romeo V.1.1 berperilaku sepertu standar arduino UNO yang berarti memprogram langsung dari Arduino IDE. Versi baru ini telah mengubah *pin* ICSP posisi untuk membuat Romeo kopatibel dengan perisai *USB host* dan perisai Ethernet. Itu berarti sekarang Romeo dapat bekerja sempurna dengan sebagian perisai arduino. Romeo V.1.1 fitur ATMega8U2 diprogram sebagai konverter *USB-to-serial* [4]. Pada gambar 2.12 di bawah ini merupakan bentuk fisik dari arduino Romeo V.1.1.



Gambar 2. 12 *Arduino Romeo V.1.1*

2.3.2 Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak merupakan faktor penting dalam tahap perancangan robot. Perangkat lunak ini merupakan algoritma gerak dan tugas robot dalam bentuk listing program yang ditanamkan kedalam mikrokontroler [4].

2.3.2.1 Arduino IDE

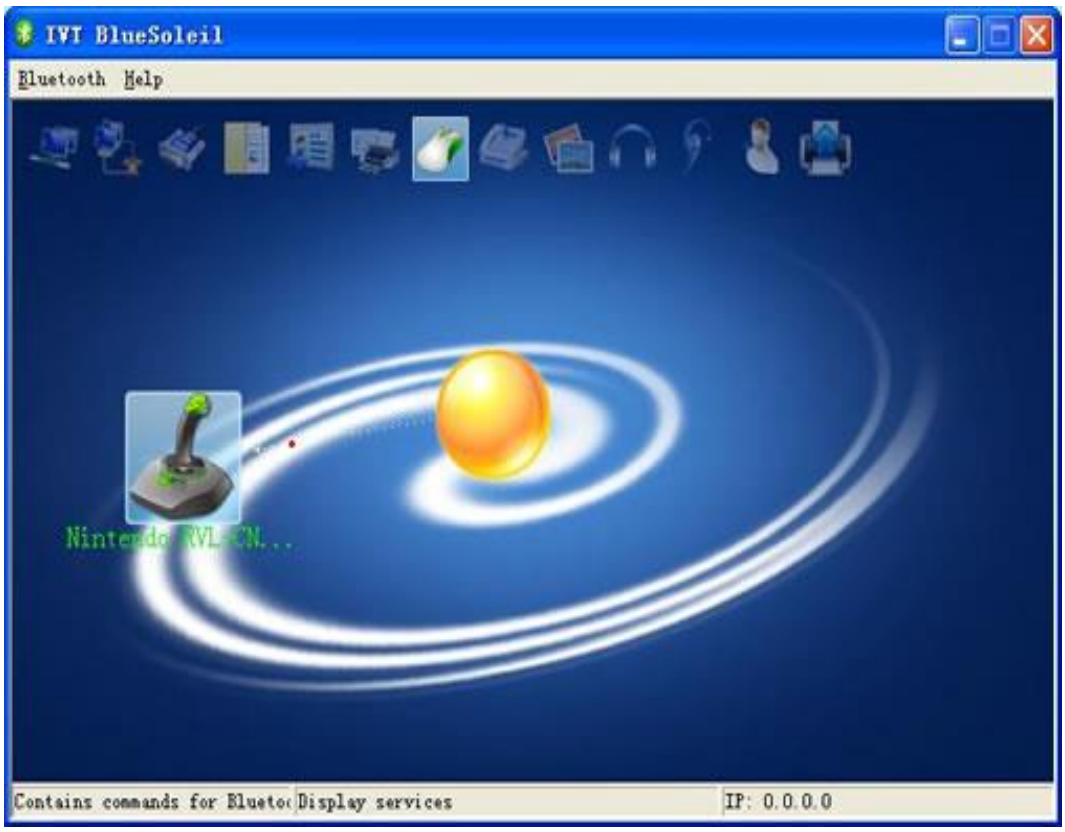
Arduino *IDE* adalah sebuah editor yang digunakan untuk menulis program, meng*compile* ke mikrokontroler. Program ini memungkinkan penggunanya memprogram dengan menggunakan bahasa *C/C++* yang lebih familiar dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya [4]. Pada gambar 2.13 di bawah ini merupakan gambar dari Arduino IDE.



Gambar 2. 13 *Arduino IDE*

2.3.2.2 BlueSoleil

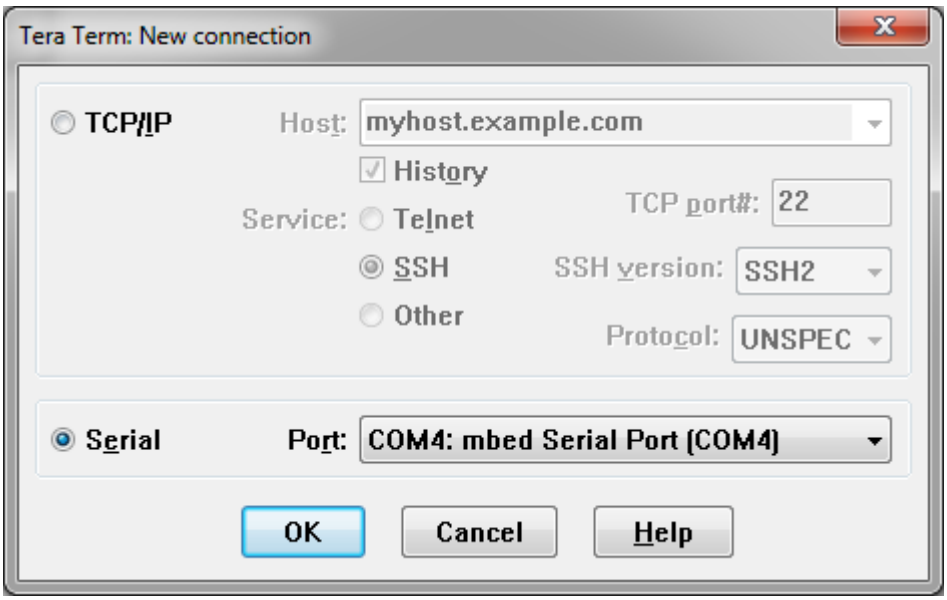
Bluesoleil adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mendeteksi semua perangkat modul *bluetooth* yang dipakai untuk pengaturan komunikasi serial. Pada gambar 2.14 di bawah ini merupakan gambar dari *BlueSoleil* [4].



Gambar 2. 14 *BlueSoleil*

2.3.2.3 Tera Term

Tera Term adalah perangkat lunak yang berfungsi sebagai emulator terminal komunikasi yang bertujuan agar gerak robot mobile dapat berjalan secara *flexibel* dalam artian ketika tombol "W" ditekan (perintah maju) robot dapat bergerak maju tanpa harus menekan tombol "*ENTER*" [4]. Pada gambar 2.15 di bawah ini merupakan tampilan dari Tera Term.



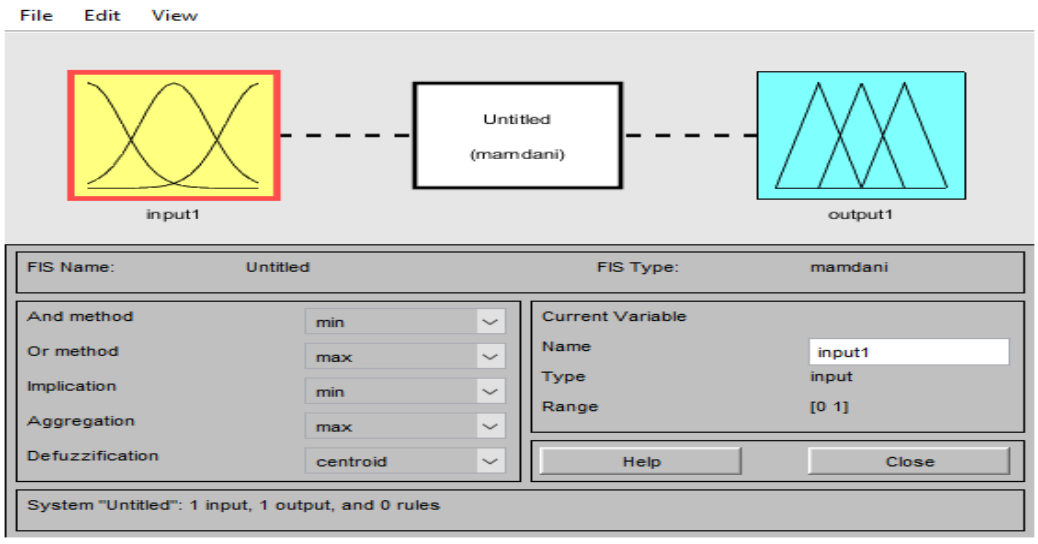
Gambar 2. 15 *Tera Term*

2.3.2.4 Fuzzy Logic Toolbox

Fuzzy Logic Toolbox adalah fasilitas yang tersedia dalam program matlab untuk membangun suatu sistem *fuzzy logic*. *Fuzzy Logic Toolbox* memberikan fasilitas *Graphical User Interface* (GUI) untuk membangun suatu sistem *fuzzy*. Pada saat membangun sistem *fuzzy* dengan *Fuzzy Logic Toolbox*, maka pengguna harus melakukan *editing* yang meliputi : jumlah masukan atau keluaran, klarifikasi masukan atau keluaran, jenis MF (*Membership Function*) masukan atau keluaran, rule, metode Defuzzyfikasi [12]. Ada 5 GUI yang dapat dipergunakan untuk membangun, mengedit, dan mengobservasi sistem penalaran, yaitu :

1. *Fuzzy Inference System (FIS) Editor*
2. *Membership Function Editor*
3. *Rule Editor*
4. *Rule Viewer*
5. *Surface Viewer*

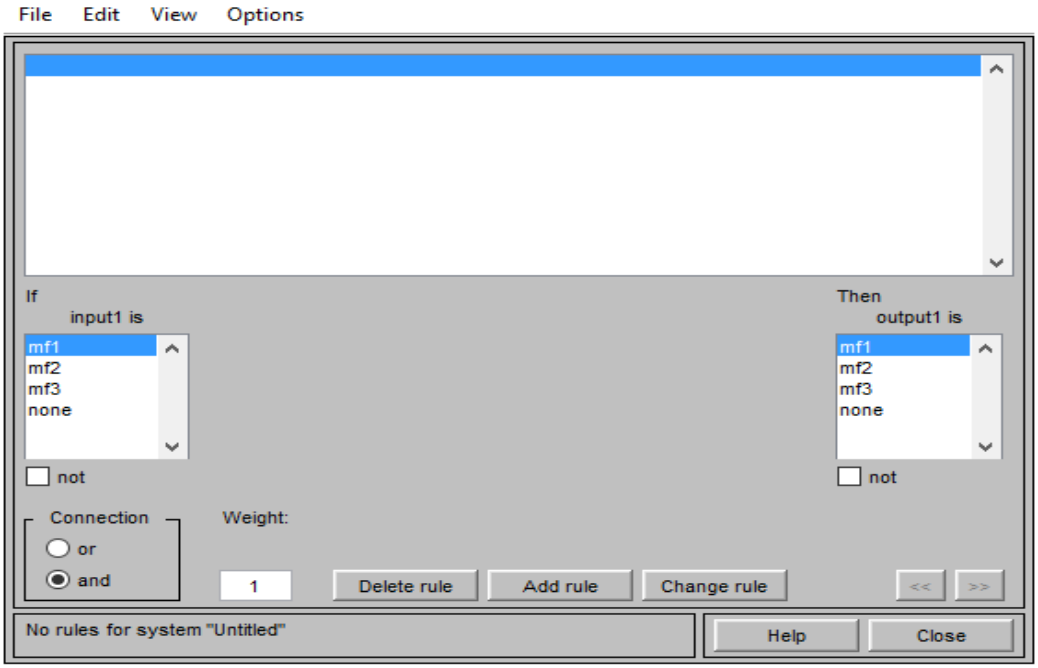
Dengan memanfaatkan tigas fasilitas GUI seperti, *FIS Editor*, *MF Editor* dan *Rule Editor* pengguna dapat membaca dan memodifikasi data tentang sistem *Fuzzy* yang dibangun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.16, gambar 2.17, gambar 2.18, gambar 2.19 dan gambar 2.20 di bawah ini.



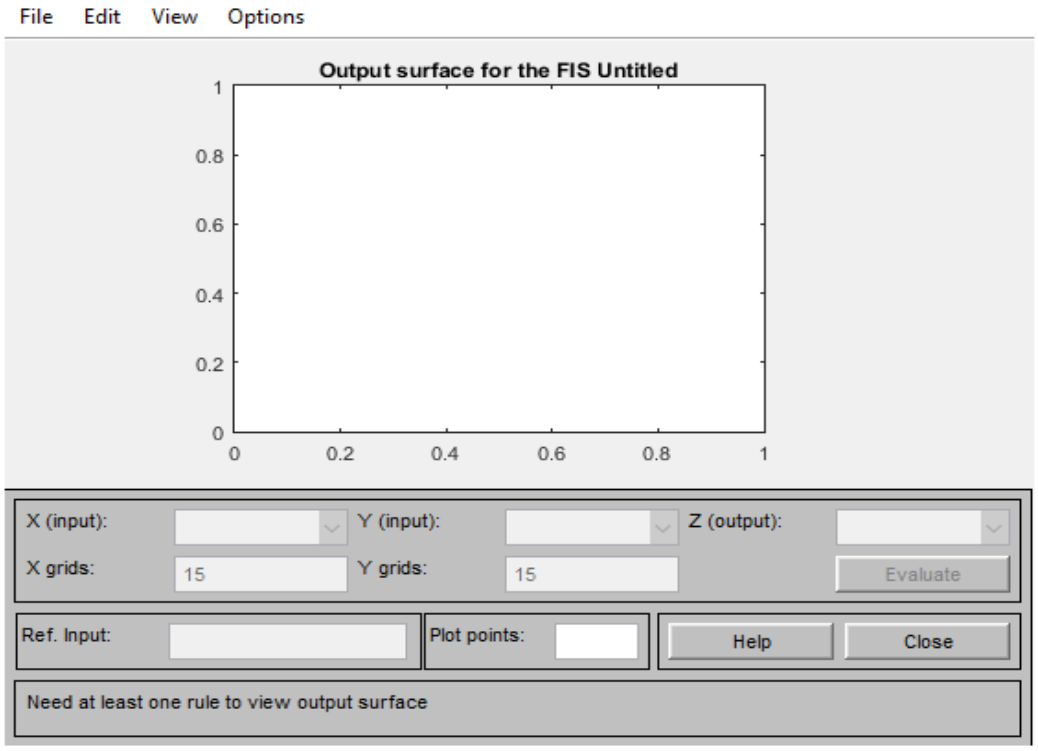
Gambar 2. 16 *FIS Editor*



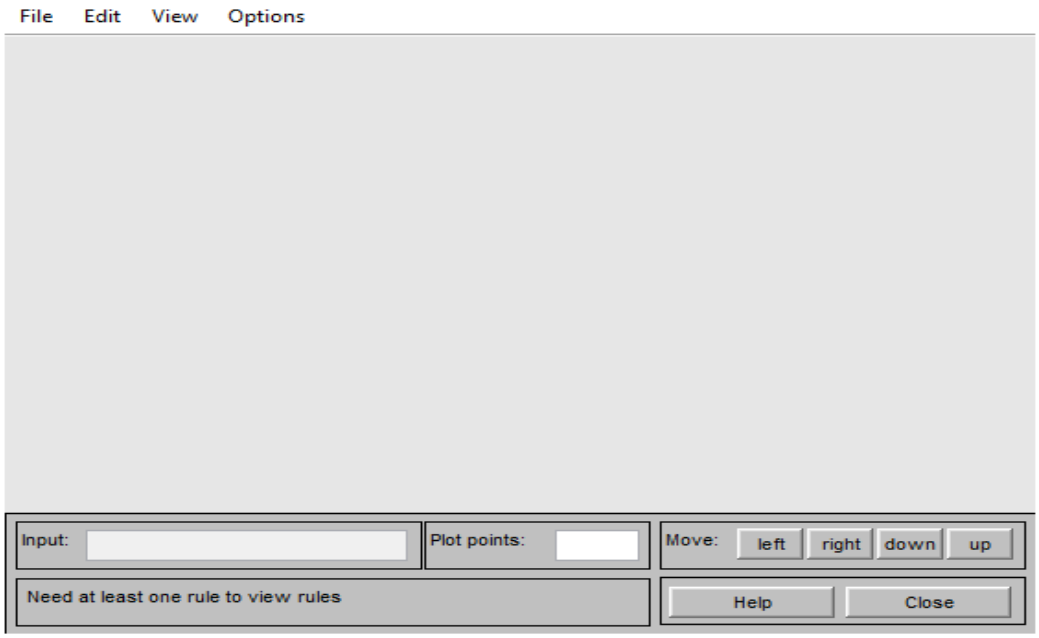
Gambar 2. 17 *MF Editor*



Gambar 2. 18 *Rule Editor*



Gambar 2. 19 *Surface Viewer*

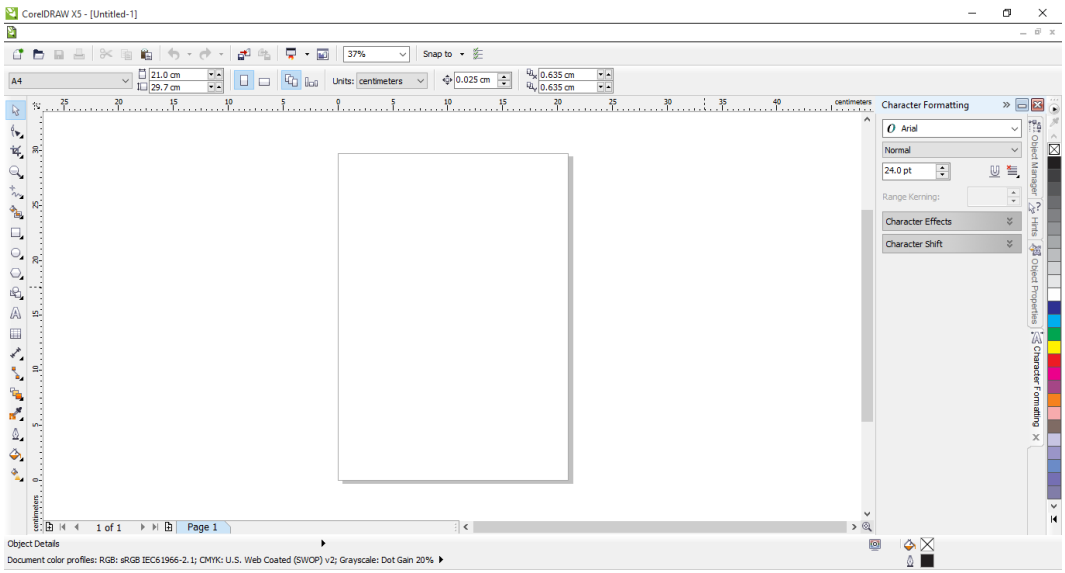


Gambar 2. 20 *Rule Viewer*

2.3.2.5 CorelDraw X5

CorelDraw adalah aplikasi editor grafik vektor yang dibuat oleh Corel, sebuah perusahaan perangkat lunak yang bermakas di Ottawa, Kanada. Versi terakhirnya versi 15 yang dinamai *X5* dirilis pada tanggal 23 Februari 2008. *CorelDraw* pada awalnya dikembangkan untuk dijalankan pada sistem operasi *windows* 2000 yang lebih baru. Versi *CorelDraw* untuk *Linux* dan *Mac OS* pernah dikembangkan, tetapi dihentikan karena tingkat penjualannya rendah.

Versi *CorelDraw X5* memiliki tampilan baru serta beberapa aplikasi baru yang tidak ada pada CorelDraw versi sebelumnya. Beberapa aplikasi terbaru yang ada diantarnya *Quick Start*, *Table*, *Smart Drawing Tool*, *Save as Template*, dan lain sebagainya. Berikut gambar dari *CorelDraw X5.* Berikut gambar 2.21 gambar dari *CorelDraw X5* [6].



Gambar 2. 21 *CorelDraw X5*

2.4 *Artificial Intelligence* (AI)

Kecerdasan buatan berasalah dari bahasa Inggris *"Artificial Intelligence"* atau disingkat AI, yaitu *intelligence* adalah kata sifat yang berarti cerdas, sedangkan *artificial* artinya buatan. Kecerdasan yang dimaksud disini meranjuk pada mesin yang mampu berfikir, menimbang tindakan yang diambil, dan mampu mengambil keputusan seperti yang dilakukan oleh manusia [9].

Menurut Alan Turing, ahli matematika berkebangsaan Inggris yang dijuluki bapak komputer modern dan pembongkar sandi Nazi dalam era Perang Dunia II 1950, menetapkan definisi *Artificial Intelligence.* "Jika komputer tidak dapat dibedakan dengan manusia saat berbicara melalui terminal komputer, maka bisa dikatakan komputer itu cerdas, mempunyai kecerdasan".

Menurut John Carty dari stanford mendefiniskan kecerdasan sebagai "Kemampuan untuk mencapai sukses dalam menyelesaikan suatu permasalahan".

Menurut Herbert Alexander Simon (June 15, 1916-February 9, 2001) " : "Kecerdasan buatan (*Artificial Intellegence*) merupakan kawasan penelitian, aplikasi, dan intruksi yang terkait dengan pemrograman komputer untuk melakukan sesuatu hal yang dalam pandangan manusia adalah cerdas".

Menurut Rich and Knight (1991) : "Kecerdasan Buatan (AI) merupakan sebiah studi tentang bagaimana membuat komputer melakukan hal-hal yang pada saat ini dapat dilakukan lebih baik oleh manusia".

2.4.1 Lingkup Kecerdasan Buatan

Lingkup utama kecerdasan buatan diantaranya :

1. Sistem pakar

   Komputer digunakan sebagai saran untuk menyimpan pengetahuan para pakar. Dengan demikian komputer akan memiliki keahlian untuk menyelesaikan masalah dengan meniru keahlian yang dimilki para pakar.

2. Pengolahan bahasa alami

   Dengan pengolahan bahasa alami ini diharapkan pengguna mampu berkomunikasi dengan komputer dengan menggunakan bahasa sehari-hari.

3. Pengenalan ucapan.

   Melaui pengenalan ucapan diharpkan manusia mampu berkomunikasi dengan komputer menggunakan suara.

4. Robotika dan Sistem Sensor

   Contoh : Sistem sensor pada mesin cuci yaitu menggunakan sensor optik, mengeluarkan cahaya ke air dan mengukur bagaimana cahaya tersebut sampai ke ujung lainnya. Makin kotor, maka sinar yang sampai semakin redup. Sistem juga mampu menentukan jenis kotoran tersebut. Sistem dapat menentukan putaran yang tepat secara otomatis berdasarkan jenis dan banyaknya kotoran serta jumlah yang akan di cuci.

5. *Computer Vision*

   Mencoba untuk mengintrepetasikan gambar atau objek-objek tampak melalui komputer.

6. *Intelligence Computer aid Intruction*

   Komputer dapat digunakan sebagai tutor yang dapat melatih dan mengajar.

2.4.2 Keuntungan Kecerdasan Buatan

Keuntungan kecerdasan buatan yaitu [9] :

1. Kecerdasan buatan lebih bersifat permanen. Kecerdasan alami akan cepat mengalami perubahan. Hal ini dimungkinkan karena sifat manusia yang pelupa. Kecerdasan buatan tidak akan berubah sepanjang sistem komputer dan program tidak mengubahnya.
2. Kecerdasan buatan lebih mudah diduplikasi dan disebarkan. Mentransfer pengetahuan manusia dari satu orang ke orang lain butuh proses dan waktu lama. Disamping itu suatu keahlian tidak

akan pernah bisa diduplikasi secara lengkap. Sedangkan jika pengetahuan terletak pada suatu sistem komputer, pengetahuan tersebuat dapat ditransfer atau disalin dengan mudah dan cepat dari satu komputer ke komputer lain.

3. Kecerdasan buatan lebih murah dibanding dengan kecerdasan alami. Menyediakan layanan komputer akan lebih mudah dan lebih murah dibanding dengan harus mendatangkan seseorang untuk mengerjakan sejumlah pekerjaan dalam jangka waktu yang sangat lama.
4. Kecerdasan buatan bersifat konsisten. Hal ini disebabkan karena kecerdasan buatan adalah bagian dari teknologi komputer. Sedangkan kecerdasan alami senantiasa berubah-ubah.
5. Kecerdasan buatan dapat didokumentasikan. Keputusan yang dibuat komputer dapat didokumentasikan dengan mudah dengan melacak setiap aktivitas dari sistem tersebut. Kecerdasan alami sangat sulit untuk direproduksi.
6. Kecerdasan buatan dapat mengerjakan pekerjaan lebih cepat dibanding dengan kecerdasan alami.
7. Kecerdasan buatan dapat mengerjakan pekerjaan lebih baik dibanding dengan kecerdasan alami.

2.4.3 Implementasi Kecerdasan Buatan Pada Berbagai Bidang

Implementasi kecerdasan buatan dapat diterapkan pada berbagai bidang, diantaranya :

1. Visualisai Komputer

   Kecerdasan buatan pada bidang visualisai komputer ini memungkinkan sebuah sistem komputer mengenali gambar sebagai input. Contohnya mengenali sebuah pola pada suatu gambar.
2. Pengenalan Suara

   Kecerdasan buatan pada pengenalan suara ini dapat mengenali suara manusia. Cara mengenali suara ini dengan mencocokan pada acuan

yang telah diprogram terlebih dahulu. Contohnya perintah komputer dengan menggunakan suara *user*.

3. Sistem Pakar

   Kecerdasan buatan pada sistem pakar ini memungkinkan sebuah sistem komputer memiliki cara berfikir dan penalaran seorang ahli dalam mengambil keputusan, untuk memecahkan masalah.

4. Robotika dan Sistem Sensor

   Kecerdasan buatan pada robotika dan sistem sensor ini memungkinakn sebuah sistem robot memilki kecersaaan buatan dalam pergerakan robot. Contohnya robot yang memilki sensor dapat menghindar dari *obstacle* (halangan). Robot sudah didefiniksan terlebih dahulu agar menghindar ketika mendeteksi halangan.

2.5 *Fuzzy Logic*

Dalam kondisi yang nyata, beberapa aspek dalam dunia nyata selalu atau biasanya berada di luar model matematis dan bersifat samar. Konsep ketidak pastian inilah yang menjadi konsep dasar munculnya konsep logika *fuzzy*. Pencetus gagasan logika *fuzzy* adalah L.A. Zadeh (1965) dari California University [12].

Logika *fuzzy* adalah salah satu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Logika *fuzzy* berbeda dengan logika digital biasa, dimana logika digital biasa hanya mengenal 2 keadaan yaitu: “ya” dan “tidak” atau *”on”* dan *“off”* atau *“high”* dan *“low”* atau "1" dan "0". Sedangkan logika *fuzzy* meniru cara berpikir manusia dengan menggunakan konsep sifat kesamaran suatu nilai. Dengan himpunan *fuzzy*, suatu objek dapat menjadi anggota dari banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda dalam masing-masing himpunan [12].

Sistem *fuzzy* mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan sistem tradisional, misalnya pada jumlah aturan yang dipergunakan. Pemrosesan awal sejumlah besar nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem *fuzzy* mengurangi jumlah nilai yang harus dipergunakan pengontrol untuk

membuat suatu keputusan. Keuntungan lainnya adalah sistem *fuzzy* mempunyai kemampuan penalaran yang mirip dengan kemampuan penalaran manusia. Hal ini disebabkan karena sistem *fuzzy* mempunyai kemampuan untuk memberikan respon berdasarkan infromasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat dan ambigu.

2.1.2 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu :

a. Linguistik

   Yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti muda, parobaya, tua.

b. Numerik

   Suatu nilai (angka) yang menunjukan ukuran dari suatu variabel seperti, 10,20,30.

Beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami *fuzzy*, yaitu :

a. Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh : umur, suhu, permintaan, dan lain sebagainya.
b. Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicara merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicara dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicara ini tidak dibatasi nilai atasnya.
c. Domain himpunan *fuzzy* merupakan keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun bilangan negatif.

2.1.3 Operator Dasar *Fuzzy*

Pada logika *fuzzy*, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari 2 (dua) operasi disebut α-predikat [12]. Ada tiga operator dasar yaitu :

a. Operator *AND*

   Operator ini berhubungan dengan operasi intereksi pada himpunan. Hasil operasi dengan menggunakan operator *AND* diperoleh dengan mengambil keanggotaan terkecil antara 2 (dua) himpunan bersangkutan.

b. Operator *OR*

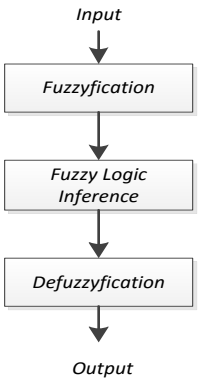
   Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. Hasil operasi dengan menggunakan operator *OR* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antara 2 (dua) himpunan yang bersangkutan.

c. Operator *NOT*

   Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen himpunan. Hasil operasi dengan menggunakan operator *NOT* diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan dengan 1 (satu).

2.1.4 Tahapan Membangun Sistem *Fuzzy*

Pada tahap membangun sistem *fuzzy* tergantung pada metoda yang akan digunakan, karena banyak metoda untuk membangun sistem *fuzzy* [12]. Secara garis besar membangun sistem *fuzzy* dapat dilihat dari gambar 2.22 di bawah ini.



Gambar 2. 22 Proses Sistem Logika *Fuzzy*

Proses dalam kendali *fuzzy logic* ditujukan pada gambar diatas. Input yang diberikan adalah berupa bilangan tertentu dan output yang dihasilkan juga harus berupa bilangan tertentu.

Fuzzyfikasi adalah penalaran nilai input yang merupakan nilai tegas ke dalam fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy*, untuk kemudian diolah di dalam mesin penalaran.

$$\text{Fuzzyfikasi} : x \rightarrow \mu(x) \tag{2.1}$$

Aturan dasar dalam logika *fuzzy* adalah aturan implikasi dalam bentuk "jika… maka…". Aturan dasar tersebut ditentukan dengan bantuan seorang pakar yang mengetahui karakteristik objek yang akan dikendalikan. Contoh bentuk implikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Jika } X = A \text{ dan } Y = B \text{ maka } Z = C \tag{2.2}$$

Dalam suatu sistem aturan fuzzy, proses inference memperhitungkan semua aturan yang ada dalam basis pengetahuan. Hasil dari proses inference direpresentasikan oleh suatu fuzzy set untuk setiap variabel bebas. Derajat keanggotaan untuk setiap nilai variabel tidak bebas menyatakan ukuran kompatibilitas terhadap variabel bebas [6]. Terdapat tiga model aturan fuzzy digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi. Diantaranya :

1. Model Sugeno

   Model ini dikenal juga sebagai Takagi-Sugeno-Kang (TSK) model, yaitu suatu varian dari model Mamdani. Model ini menggunakan aturan yang berbentuk IF X1 is A1...AND Xn is AnTHEN y = f (X1,..,Xn) di mana f bisa sembarang fungsi dari variabel-variabel input yang nilainya berada dalam interval variabel *output.* Biasanya, fungsi ini dibatasi dengan menyatakan f sebagai kombinasi linier dari variabel-variabel input f (X1,…,Xn) = W0 + W1X1 + …+WnXn dimana W0,W1,.., Wn adalah konstanta yang berupa bilangan *real* yang merupakan bagian dari spesifikasi aturan fuzzy [6].

2. Model Tsukamoto

Pada dasarnya , metode Tsukamoto mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya, jika pada aturan monoton sistem memiliki satu aturan, pada metode Tsukamoto sistem terdiri atas beberapa aturan. Karena menggunakan konsep dasar penalaran monoton. Pada metode Tsukamoto setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. *Output* hasil inferensi dari setiap aturan diberikan secara tegas berdasarkan α predikat. Proses agregasi antar aturan dilakukan dan hasilnya diperoleh dengan menggunakan defuuzy dengan konsep rata-rata terbobot. Berikut adalah contoh kasus metode Tsukamoto dalam memetakan ruang *input* kedalam ruang *output* pada kasus jumlah produksi barang berdasarkan permintaan dan persediaan barang [6].

[R1] IF Permintaan TURUN And Persediaan BANYAK THEN Produksi Barang BERKURANG;

α-predikat1 = μpmtTurun ∩ psdBanyak

= min (μpmtTurun [x], psdBanyak [y])

z1= zmax –α1(zmax-zmin)

z1 adalah nilai z untuk aturan fuzzy [R1]

Penalaran adalah menalarkan nilai masukan untuk memenuhi nilai keluaran sebagai bentuk pengambil keputusan. Sistem terdiri dari beberapa aturan, maka kesimpulan diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan.

Defuzzyfikasi merupakan kebalikan dari fuzzyfikasi, yaitu pemetaan dari himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas. Input dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*. Hasil dari defuzzyfikasi ini merupakan *output* dari sistem kendali logika *fuzzy*. Defuuzyfikasi di deskripsikan sebagai berikut :

$$Z = \frac{\sum aiZi}{ai} \qquad (2.3)$$

Keterangan :

ai = Nilai minimal dari derajat keanggotaan

Zi = Nilai domain dari variabel linguistik

z = Nilai defuzzyfikasi

2.1.5 Fungsi Keanggotaan

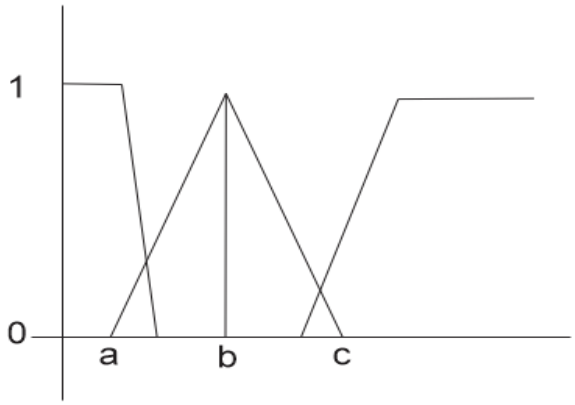
Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya atau derajat keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang digunakan, fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* dapat ditentukan dengan fungsi segitiga (*triangle*), dan trapesium [6].

1. Fungsi Segitiga

   Fungsi segitiga hanya terdapat satu nilai x yang memilki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika x = b. Tetapi bilai-nilai disekitar b memilki derajat keanggotaan yang turun menjauhi nilai 1. Persamaan fungsi keanggotaan segitiga adalah sebagai berikut :

$$\mu(x,b,c) = \begin{cases} 0;\ x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a};\ a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b};\ b > x \leq c \\ 1;\quad x \geq c \end{cases} \qquad (2.4)$$

Persamaan tersebut direprenstasikan dalam gambar 2.23 bentuk grafik di bawah ini.



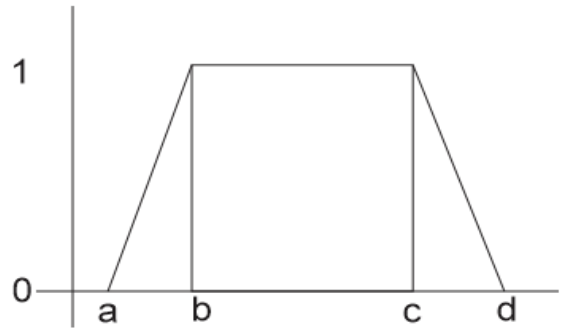
Gambar 2. 23 Grafika Fungsi Keanggotaan Segitiga

2. Fungsi Trapesium

   Fungsi trapesium ini terdapat beberapa nilai x yang memeliki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika b ≤ x ≤ c. tetapi derajat keanggotaan untuk a < x < b dan c < x < d memilki karakteristik yang sama dengan fungsi segitiga. Persamaan fungsi keanggotaan trapesium sebagai berikut :

$$\mu(x,b,c,d) = \begin{cases} 0;\ x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a};\ a \leq x \leq b \\ 1;\ b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c};\ c < x \leq d \\ 0;\quad x > c \end{cases} \qquad (2.5)$$

Persamaan fungsi keanggotaan trapesium digambarkan pada gambar 2.24 di bawah ini.



Gambar 2. 24 Grafika Fungsi Keanggotaan Trapeisum

2.6 *Flowchart*

Menurut Mulyadi dalam buku Sistem Akutansi definisi *Flowchart* yaitu : "*Flowchat adalah bagian yang menggambarkan aliran dokumen dalam suatu sistem informasi."* [12]. Menurut Al-Bahra bin Ladjamudin mengatakan bahwa : *"Flowchart adalah bagan-bagan yang mempunyai arus yang menggambarkan langkah-langkah penyelesaian suatu masalah. Flowchart merupakan cara dari suatu algoritma."* [12]. Dari dua definisi di atas dapat disimpulkan bahwa pengertian flowchart adalah suatu simbol yang digunakan untuk menggambarkan suatu arus data yang berhubungan dengan suatu sistem. Menurut Jogiyanto terdapat lima macam bagan alir, yaitu sebagai berikut :

1. Bagan Alir Sistem

   Merupakan bagan yang menunjukkan arus pekerjaan secara keseluruhan. Bagan ini menjelaskan urutan-urutan dari prosedur-prosedur yang ada di dalam sistem.

2. Bagan Alir Dokumen

   Bagan alir dokumen atau disebut juga bagan alir formulir (*form flowchart*) atau *paperwork flowchart* merupakan bagan alir yang menunjukkan arus dari laporan dan formulir termasuk tembusan-tembusannya. Bagan alir dokumen ini menggunakan simbol-simbol yang sama dengan yang digunakan di dalam bagan alir sistem.

3. Bagan Alir Skematik

   Merupakan bagan alir yang mirip dengan bagan alir sistem, yaitu untuk menggambarkan prosedur didalam sistem. Perbedaanya adalah, bagan alir skematik selain menggunakan simbol-simbol bagan alir sistem juga menggunakan gambar-gambar komputer dan peralatan lainnya yang digunakan. Maksud penggunaan gambar-gambar ini adalah untuk memudahkan komunikasi kepada orang yang kurang pahan dengan simbol-simbol bagan alir. Penggunaan gambar-gambar ini memudahkan untuk dipahami, tetapi sulit dan lama menggambarnya.

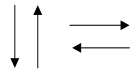
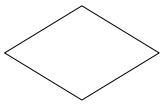
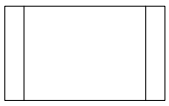
4. Bagan Alir Program

   Merupakan bagan yang menjelaskan secara rinci langkah-langkah dari proses program. Bagan alir program dapat terdiri dari dua macam, yaitu Bagan Alir Logika Program (*Program Logic Flowchart*) dan Bagan Alir Program Komputer terinci (*Detailed Computer Program Flowchart*).

5. Bagan Alir Proses

   Merupakan bagan alir yang banyak digunakan di teknik industri. Bagan alir ini juga berguna bagi analis sistem untuk menggambarkan proses dalam suatu prosedur. Bagan alir proses selain dapat menunjukkan kegiatan dan simpanan yang digunakan dalam suatu prosedur, dapat juga menunjukkan jarak kegiatan yang satu dengan yang lainnya serta waktu yang diperlukan oleh suatu kegiatan. Berikut tabel 2.1 simbol dari bagan alir *flowchart* [10].

Tabel 2. 1 Simbol *Flowchart*

Flowchart			
No	Nama	Simbol	Deskripsi
1	*Terminator*		Simbol untuk memulai (*start*) atau selesai/mengakhiri (*stop*) dari suatu kegiatan.
2	*Flow Direction*		Simbol yang digunakan untuk menghubungkan antara simbol yang satu dengan simbol yang lain, simbol ini disebut juga *connecting line*.
3	*Decision*		Kondisi yang akan menghasilkan beberapa kemungkinan jawaban atau pilihan.
4	*Processing*		Simbol yang menunjukkan pengolahan yang dilakukan oleh komputer.
5	*Input - Output*		Simbol yang menyatakan proses memasukkan data maupun menunjukkan hasil dari suatu proses.
6	*Predefined Process*		Simbol untuk menyatakan sekumpulan langkah proses yang ditulis sebagai prosedur.

2.7 Pengujian Sistem

Pengujian bertujuan untuk mencari kesalahan. Pengujian yang baik adalah pengujian yang memiliki kemungkinan besar dalam menentukan kesalahan [12]. Berikut adalah penjelasan mengenai pengujian.

2.7.1 *Black Box Testing* (Pengujian Kotak Hitam)

Pengujian *Black Box* digunakan untuk menguji fungsi-fungsi khusus dari sistem yang dirancang. Pada teknik ini, kebenaran sistem yang diuji hanya dilihat berdasarkan keluaran yang dihasilkan dari data atau kondisi masukan yang diberikan untuk fungsi yang ada tanpa melihat bagaimana proses untuk mendapatkan keluaran tersebut. Dari keluaran yang dihasilkan, kemampuan sistem dalam memnuhi kebutuhan dapat diukur sekaligus dapat diketahui kesalahan-kesalahannya [12]. Beberapa jenis kesalahan yang dapat diidentifikasi yaitu diataranya :

a. Fungsi yang tidak benar
b. Kesalahan antamuka
c. Kesalahan inisialisasi dan akhir sistem
d. Kesalahan performansi

Walaupun sulit untuk menelusuri kesalahan yang mungkin didapat, teknik pengujian *black box* lebih sering dipilih untuk menguji suatu sistem karena kemudahan dalam pelaksanaannya.