

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sebelumnya, terdapat beberapa penelitian model interaksi manusia robot yang telah dilakukan. Studi pustaka dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengidentifikasi kesenjangan (*identify gaps*), menghindari pembuatan ulang (*reinventing the wheel*), mengidentifikasi metode yang pernah dilakukan, melanjutkan penelitian sebelumnya, serta mengetahui orang lain yang memiliki kesamaan bidang penelitian. Adapun Beberapa *Literature Review* tersebut adalah sebagai berikut:

Mustar, Muhammad, Dkk. Tahun 2014 yang berjudul “*Perancangan Model Interaksi Manusia Dan Robot Dalam Bentuk Tampilan Visual Pada Komputer* “ dalam penelitian ini dijelaskan model interaksi manusia dengan robot dengan metode tampilan visual pada komputer, robot yang dikendalikan adalah robot lengan (*manipulator*) dengan 6 derajat kebebasan (*degree of freedom*). Setiap gerakan oleh robot menggunakan motor servo sebagai *actuator*. Tampilan visual pada komputer menggunakan GUI yang dibangun dengan menggunakan *software LabVIEW* sebagai pemrosesan data sekaligus sebagai pengontrolan pergerakan robot. Pada tampilan GUI yang dibangun terdapat 6 buah switch menyerupai knop yang dapat disetting sesuai dengan skala yang diinginkan oleh *user*, tampilan GUI ini terkoneksi dengan robot sehingga motor servo dapat bergerak sesuai dengan sudut yang diatur pada knop. motor servo dapat diatur sudutnya, antara $0 - 180^0$ pada motor servo dengan nomor urut 1 – 5 dan $0 - 60^0$ pada motor servo dengan nomor urut 6, pengaturan switch berfungsi sebagai pengendalian gerakan robot.

Setiap knop pada GUI digunakan untuk mengendalikan satu buah gerakan pada servo, *user* dapat mengubah nilai dari tiap knop, nilai ini yang akan dieksekusi oleh robot, sebagai contoh, jika knop 1 dilakukan perubahan nilai, maka motor servo yang telah diberi nomor urut 1, akan menghasilkan gerakan

sudut sesuai dengan nilai yang diberikan oleh knop 1, begitupun sebaliknya. Pada switch 1 sampai 5 memiliki skala yang sama diantaranya 0 – 180⁰, sedangkan switch 6 memiliki skala yang berbeda yaitu, 0 – 60⁰. Hal ini dikarenakan posisi switch 6 mewakili motor servo dengan nomor urut 6 yang mewakili fungsi pergerakan terbatas. Dalam penelitian ini data yang dikirimkan dari tampilan Visual komputer ditransmisikan ke robot melalui komunikasi serial via kabel, sehingga untuk mengendalikan robot hanya dapat dilakukan dalam jarak yang terbatas.(Muhamad Yusvin Mustar, Santosa, & Hartanto, 2014)

Rahmat Fauzi Siregar dari Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada tahun (2017) yang berjudul “Interaksi Manusia Dan Robot Berbasis Gui (Graphical *User Interface*)”. Menjelaskan bahwa metode interaksi manusia dengan robot dapat dilakukan dengan menggunakan tampilan GUI pada komputer, data yang dikirimkan ke robot dapat ditransmisikan secara *wireless*, sehingga robot dapat dikendalikan secara jarak jauh, dan tidak terbatas oleh panjang kabel yang digunakan. Pada penelitian ini di bangun 3 jenis tampilan GUI dengan tujuan untuk menentukan GUI mana yang lebih mudah untuk digunakan sebagai pengontrol robot. Robot yang digunakan adalah Kit robot pintar 4WD. Dimana robot ini berbentuk seperti mobil-mobilan dengan menggunakan 4 buah motor untuk menggerakkan masing-masing roda. Selain itu robot ini menggunakan konroller utama berupa arduino mega 2560 dan disuplay oleh 3 buah baterai Lion. Penelitian ini menggunakan *software netBean* untuk membuat tampilan GUI sebagai media untuk pengontrolan robot. *Software netBean* menggunakan bahasa pemrograman java. Namun dalam penelitian ini tampilan GUI yang dihasilkan hanya mampu mengendalikan arah putar motor penggerak. Sehingga GUI ini hanya mampu mengendalikan robot untuk bergerak maju, mundur , belok kanan, dan belok kiri. Dalam penelitian ini, belum diteliti lebih lanjut untuk dapat mengendalikan kecepatan putar motor, sehingga robot dapat dikendalikan untuk bergerak dengan kecepatan tertentu. (Siregar, 2017)

Penelitian lain yang berkaitan dilakukan oleh Muhammad Yusvin Mustar pada tahun 2011 yang berjudul “*Implementasi Robot Tank Menggunakan Kamera*

CCTV Wireless Berbasis Mikrokontroler". Dalam penelitian ini dipaparkan bahwa robot juga dapat digunakan sebagai media pengambilan gambar. Dalam beberapa kondisi dan situasi tertentu kegiatan pengambilan gambar menjadi aktivitas yang berbahaya dan mempertaruhkan nyawa. Seperti yang sering dijumpai bahwa terjadinya kecelakaan dalam pengambilan gambar disebuah terowongan, reruntuhan bangunan, dalam ruangan yang terindikasi memiliki konsentrasi CO² yang tinggi, ataupun pengamilan gambar pada daerah yang memiliki Suhu diatas rata-rata, akan sangat membahayakan bila dikerjakan oleh manusia. Sehingga dalam penelitian ini membuat sebuah robot yang dapat melakukan pengambilan gambar pada daerah yang berbahaya. Dalam penelitian ini juga dijelaskan interaksi manusia dengan robot dimodelkan dengan tombol-tombol pada remot yang dikirim melalui *wireless* untuk mengendalikan gerakan robot. Dengan demikian robot akan bergerak maju, mundur, kanan, dan kiri menyusuri daerah sesuai dengan perintah yang diberikan dari remot. Remot sebagai pengendali penuh terhap robot, tanpa adanya remot robot tidak akan dapat menggerakan sistem robot. Dijelaskan juga dalam remot terdiri dari 8 buah tombol sebagai pengontrolan gerakan robot, 4 buah tombol untuk mengontrol gerakan robot, dan 4 buah lainnya sebagai pengontrol gerakan kamera *wireless*. Selain itu juga tedapat 6 buah led indicator. Empat buah led terhubung dengan sensor tabrakan sehinga led indicator akan menyala pada saat robot menabrak suatu objek. Sedangkan dua led yang lainnya sebagai indicator aktifnya transmitter untuk pengontrolan navigasi dan pengontrolan kamera pada robot. Penelitian ini masih menggunakan metode pengontrolan robot dengan menggunakan tombol pada remot yang ditransmisikan melalui *wireless*. Walaupun robot dapat dikontrol dari jarak jauh dan mobilitas robot menjadi lebih bebas karena tidak dibatasi oleh panjang kabel, namun dalam pada saat dilakukan pengembangan terhadap fungsi robot menjadi lebih kompleks, harus dilakukan perubahan yang banyak terhadap sistem remotnya. Hal ini membuat interaksi manusia dan robot yang dimodelkan dalam bentuk remot kurang fleksibel. (Muhammad Yusvin Mustar, 2011)

Putra, Fajar dan Tri Kuntoro dalam tulisanya yang berjudul “Purwarupa Pengendalian Jarak Jauh Pada Mobile Robot Berbasis Web Melalui Jaringan *Wireless* TCP/IP” tahun 2016 menjelaskan mobile robot juga dapat dikendalikan dari jarak jauh, dengan berbasis web melalui jaringan TCP/IP. Mekanisme Robot yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah mobile robot dengan sistem penggerak tank. Robot ini dirancang untuk dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui jaringan *wireless* TCP/IP dengan interface yang berbasis aplikasi web yang benamkan pada Raspberry Pi. Aplikasi ini langsung terintegrasi dengan robot dan menjadi web server. Selain itu robot juga dilengkapi dengan kamera webcam sebagai kamera navigasi untuk *user* sebagai gambaran visual pengendalian robot. Hasil dari visualisasi kamera akan ditampilkan secara real time pada halaman web. Komputer *user* (operator) bersifat fleksibel yang tidak terbatas pada komputer tertentu. *User* hanya perlu memanggil alamat IP dari robot untuk dapat mengakses halaman web agar robot dapat dikendalikan. Interface yang digunakan adalah Halaman web sebagai pengendali robot. Dalam halaman web ini terdiri atas frame video digunakan sebagai indicator navigasi dari robot, dapat mengetahui gambaran visual dari medan sehingga memudahkan *user* untuk melakukan navigasi pada robot. Selain itu juga terdapat tombol panah maju untuk memerintahkan robot bergerak maju, tombol panah mundur untuk memerintahkan robot bergerak mundur, tombol panah kiri, untuk memerintahkan robot berbelok ke kiri, tombol panah ke kanan untuk memerintahkan robot berbelok ke kananserta tombol stop untuk memerintahkan robot berhenti. Sama halnya dengan robot mobile yang telah dipaparkan sebelumnya, dalam penelitian ini robot hanya dapat dikendalikan arah putaran motornya saja. Belum dilakukan penelitian yang lebih mendalam tentang bagaimana robot dapat dikendalikan arah putaranya juga dapat dikendalikan kecepatan putarnya (Hadiputra & Priyambodo, 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh I Made Suradana, I Wayan Sudiarsa pada tahun 2013, dimana dalam penelitian ini menggunakan Mobile robot yang dibuat menyerupai tank, hal ini bertujuan agar robot mampu melintas diberbagai medan, selain itu robot dirancang agar dapat dikendalikan dalam jarak yang jauh robot

juga dapat dikendalikan melalui komputer sehingga dibutuhkan koneksi antara mobile robot dengan komputer yaitu menggunakan koneksi yang berbasis *Bluetooth*. Dengan demikian maka robot dan komputer dapat saling mengirim data tanpa menggunakan kabel. Koneksi tanpa kabel dipilih karena dengan technology *wireless* menjadikan robot dapat bergerak bebas, koneksi *Bluetooth* juga memungkinkan robot untuk dikendalikan walupun robot dan komputer terhalang oleh dinding atau rintangan lain. Hal ini yang menjadi keunggulan koneksi *Bluetooth* dibandingkan dengan koneksi dengan menggunakan kabel. Dari segi estetika, koneksi dengan menggunakan *bluetooth* juga lebih menarik bila dibandingkan dengan koneksi yang menggunakan kabel. Dengan menggunakan koneksi *bluetooth* maka mobile robot dapat menempuh banyak medan. Untuk membangun mobile robot tank dengan *bluetooth* ini terbagi menjadi dua bagian utama yaitu komputer sebagai pengirim data yang digunakan untuk mengendalikan gerakan robot, dan mobile robot sebagai objek yang dikendalikan. Untuk mendukung koneksi antar keduanya digunakan *device* yang mampu mentransmisikan dan menerima signal *Bluetooth* yang dikirimkan oleh komputer.

Secara prinsipnya komputer mengubah data inputan dari keyboard yang ditekan menjadi data serial. Kemudian data ini selanjutnya akan diterima oleh USB *Bluetooth* dan akan diubah menjadi sinyal *Bluetooth* untuk dikirimkan. Dilain sisi, yaitu pada bagian mobile robot dipasang juga *device* penerima signal bluetooth. *Device* ini akan menerima data serial yang dikirimkan dari komputer. Sinyal yang diterima ini akan diproses dalam board arduino untuk mengendalikan pergerakan motor sesuai data yang dikirimkan oleh komputer. Sebaliknya, USB *bluetooth* pada bagian mobile robot juga dapat mengirimkan data yang dapat diterima oleh komputer. data yang dikirimkan dari mobile robot ini merupakan data hasil pembacaan dari sensor jarak yang terpasang pada mobile robot, data ini akan diterima oleh komputer dan diproses sedemikian rupa sehingga komputer dapat menunjukkan data sensor jarak, dan *user* dapat mengetahui ada tidaknya objek yang menghalangi pergerakan dari robot tank. (Suradana & Sudiarsa, 2013)

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Definisi Robot

Robot berasal dari bahasa Czech, yaitu *robota* dan dapat diartikan sebagai pekerja. Robot dapat diartikan sebagai suatu perangkat atau alat yang bekerja secara otomatis yang mampu melakukan aktifitas-aktifitas menyerupai manusia. Robot biasanya digunakan untuk menggantikan manusia dalam melakukan pekerjaan yang membahayakan keselamatan atau saat membutuhkan tingkat ketelitian yang tinggi.

Istilah robot sebenarnya telah lama dikenal oleh manusia. Bermula dari tahun 1921 lewat pementasan theater yang dipentaskan oleh seorang artis Karel Capek dalam drama satire, *R.U.R (Rossum's Universal Robot)*. Dimana dalam drama tersebut menceritakan robot-robot berperan sebagai suatu mesin yang menyerupai fisik manusia dan memiliki kemampuan untuk bekerja tanpa kenal lelah. Selanjutnya robot mulai dikembangkan, Hal ini dibuktikan dengan penemuan oleh Georde Devil pada Tahun 1956. Georde Devil dan Joseph Engelberger membentuk perusahaan robot pertama kali tahun 1956. Mereka berpikiran untuk menciptakan sebuah alat yang dapat bekerja secara otomatis, memiliki ketelitian, ketepatan, dan tidak memiliki titik kejenuhan. Sehingga mereka menciptakan alat untuk mewujudkan impian mereka dengan menciptakan robot. Ada beberapa ahli yang telah mencoba untuk mendefinisikan robot, antara lain:

- A. Kamus webster mendefinisikan robot sebagai "*an automatic device that performs function ordinarily ascribed to human beings*". Sehingga dapat diartikan bahwa robot adalah suatu alat yang dapat bekerja dengan cara otomatis. Alat ini mampu melakukan berbagai aktivitas selayaknya manusia. (Suhendi,2013)
- B. Robot diartikan sebagai mesin dengan kecerdasan komputer dan dikontrol oleh komputer, dan memiliki kemampuan fisik seperti manusia. Aplikasi dari robot ini mencakup pemberian kemampuan untuk melihat atau persepsi visual, menyentuh atau kemampuan

meraba, kemampuan untuk memegang dan memanipulasi, pengangkutan atau kemampuan fisik untuk bergerak, dan navigasi atau kecerdasan untuk menemukan atau mencapai jalan keluar.

- C. Menurut Robotics Industry Association (1985), robot didefinisikan sebagai *“A re-programmable, multifunctional manipulator designed to move material, parts, tools, or specialized devices for the performance of various tasks”* sehingga dapat diartikan bahwa robot merupakan suatu manipulator yang memiliki berbagai fungsi selain itu dapat diprogram-ulang robot dirancang untuk memindahkan material, komponen, perkakas, atau piranti khusus robot digunakan untuk meningkatkan kinerja berbagai tugas
- D. Pada sumber lain M. H. Zulkefli menjelaskan bahwa *“robot design is about art and skill development to create the useful robot for human application. Each part of mechanical, electrical and software should be studied to make sure that all mobile robot application can run smoothly and can complete the task given.”*(Zulkefli, dkk. 2015)
- E. Dalam perancangan robot harus memenuhi persyaratan *“robot tidak boleh melukai makhluk, robot harus patuh pada perintah, robot harus dapat melindungi diri sendiri”*. (Harjanto, 2002)

Di Negara Indonesia khususnya, perkembangan tentang robot kurang begitu baik, teknologi robot hanya dioperasikan di industri dan laboratorium saja. Lain halnya di negara-negara maju perkembangan pengetahuan robot mengalami peningkatan yang sangat tajam. Di negara-negara maju sekarang ini robot telah banyak dimanfaatkan sebagai alat yang dapat membantu pekerjaan manusia. Semakin berkembangnya teknologi dalam bidang elektronik, komputer, dan mekanik, mendorong perkembangan fungsi robot yang lebih kompleks. Robot menjadi semakin berguna tidak hanya dalam lingkup industri dan kepentingan penelitian *sains*, tapi nantinya robot juga akan masuk dalam bidang yang lain seperti dibidang kedokteran (medis), pertanian, peternakan, hingga bidang militer.

Dari berbagai literatur yang telah dipaparkan robot dapat didefinisikan sebagai sebuah alat atau mesin yang dibangun dari berbagai macam bidang keahlian yaitu mekanik, elektrik, fisika, matematika, informatika, dan sebagainya, yang dapat diprogram ulang, dapat beroperasi secara dikendalikan langsung oleh manusia maupun beroperasi secara *autonomus* melalui *artificial intelligence* bertujuan untuk membantu pekerjaan manusia. Pada Laporan Akhir ini robot yang dibahas adalah mengenai mobile robot tank yang dikendalikan dengan GUI (*Graphical user interface*).

2.2.2 Robot Tank

Semakin berkembangnya pengetahuan dan teknologi perkembangan robot menjadi semakin maju. Terdapat berbagai penemuan robot yang telah dikenalkan, salah satunya adalah robot tank. Istilah robot tank pertama kali dikenalkan pada tahun 1930 pada saat Uni Soviet mengoperasikan sebuah alat perang yang berbentuk tank. Alat ini dikenal dengan istilah *teletank*. *Teletank* ini dilengkapi dengan relay listrik, pneumatik, serta sinyal radio digunakan untuk mengontrol robot dari jarak jauh, pada saat itu robot dapat dikendalikan dari jarak 500-1500 meter.

Pada saat itu Robot *teletank* tersebut digunakan untuk membantu manusia dalam berperang. Robot *teletank* tersebut sebenarnya terdiri dari dua buah robot. Robot pertama yaitu bernama TT robot ini dikontrol oleh robot yang kedua yaitu bernama TY. Pada robot TT disenjatai dengan berbagai senjata ampuh untuk melumpuhkan target bangunan, benteng, serta infrastruktur musuh. Ketika infrastruktur sudah lumpuh pasukan tentara yang ada di belakang robot akan menyerbu untuk mengalahkan musuh-musuhnya. (Mustar, 2011).



Gambar 2.1 Robot Teletank

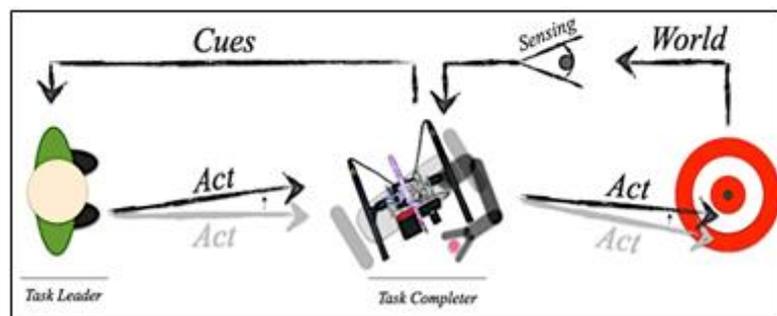
2.2.3 Interaksi Manusia Dengan Robot

Interaksi manusia dengan robot atau lebih dikenal dengan *Human-Robot interface* digolongkan dalam tiga buah tingkatan diantaranya:

1. Manusia sebagai control robot secara keseluruhan
2. Manusia bertindak sebagai manager dari kinerja robot
3. Manusia dan robot dalam kesetaraan

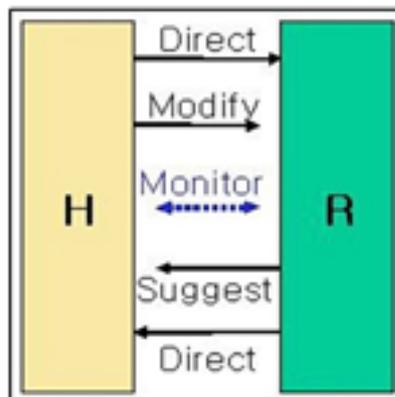
Interaksi yang paling dasar antara manusia dengan robot adalah interaksi yang menempatkan manusia sebagai pengontrolan gerakan robot sepenuhnya dalam hal ini biasanya robot tidak memiliki kemampuan untuk melakukan sendiri segala gerakan. Semua titik aktuator hanya dapat digerakkan melalui “perintah” operator atau manusia. Tujuan mendasar dari *Human-Robot Interface* adalah untuk mengembangkan prinsip-prinsip dan algoritma pada sistem robot yang membuatnya mampu melakukan interaksi secara langsung dengan aman dan efektif pada manusia, *Human-Robot Interface* (HRI) dapat dipandang juga sebagai proses komunikasi untuk mencapai tujuan pengguna, komunikasi dapat dilakukan melalui beberapa metode seperti dialog suara, gerak tubuh, manipulasi langsung, dan ekspresi wajah (Mustar Dkk., 2014)

Seperti kebanyakan artefak teknologi pada umumnya, sebuah robot memerlukan antar muka pengguna untuk melakukan interaksi dengan manusia. Pada mulanya metode interaksi ini hanya terdiri dari acting manusia pada mesin. Metode ini dilakukan dengan hanya menekan tombol (*button*) untuk menyelesaikan sebuah tugas. Gambar 2.2 berikut memperlihatkan paradikma tradisional sebuah interaksi antara manusia dengan robot atau mesin.



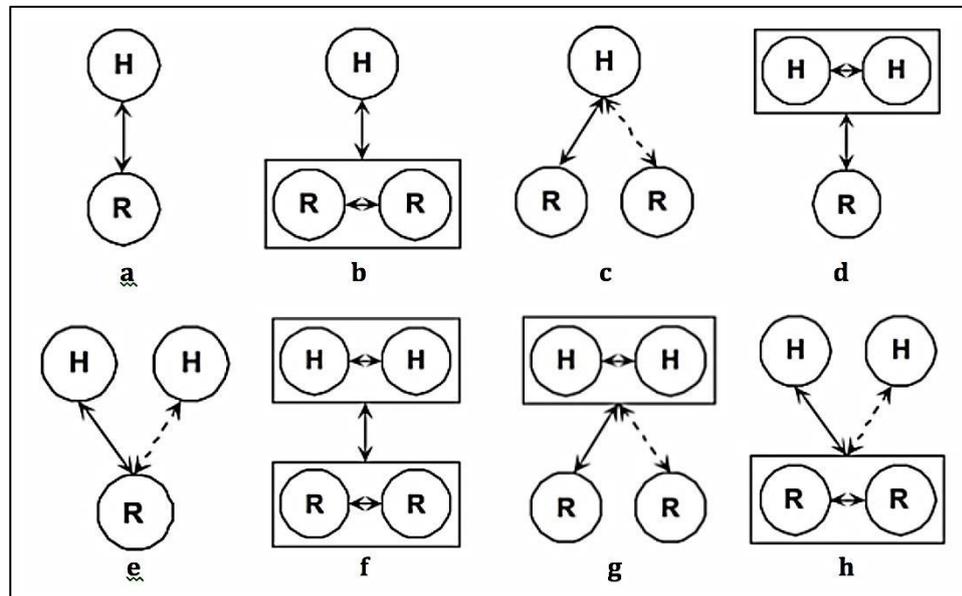
Gambar 2.2 Paradikma Tradisional Interaksi Manusia Dengan Robot

Sedangkan untuk hubungan interaktif antara manusia dengan robot dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.3 Hubungan Interaktif Manusia Dengan Robot

Pada dasarnya interaksi manusia dengan robot terdapat beberapa bentuk pengelompokan (*taxonomy*) yang memungkinkan adanya beberapa bentuk interaksi antara manusia dengan robot.



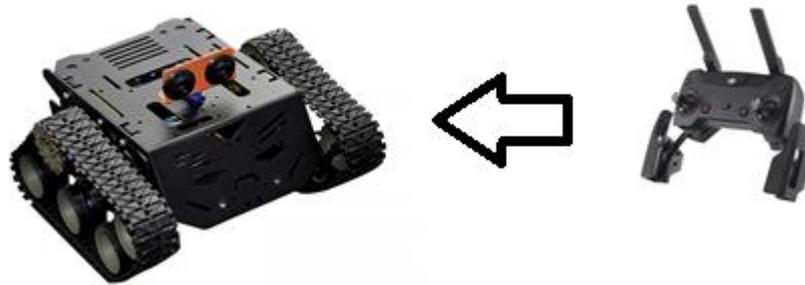
Gambar 2.4 Bentuk-Bentuk *Taxonomy* Interaksi Manusia–Robot

Pada gambar 2.4 diatas dapat diamati bahwa interaksi antara manusia dengan robot memiliki berbagai bentuk *taxonomy*. berbagai bentuk interaksi antara manusia dengan robot antaranya adalah sebagai berikut:

- Satu manusia mengendalikan satu robot, dengan nilai klasifikasi: satu manusia, satu robot.
- Satu manusia mengendalikan sekelompok robot, dengan memberikan sebuah perintah bahwa robot akan saling berkoordinasi (melakukan komunikasi) dengan nilai klasifikasi: satu manusia, tim robot.
- Satu manusia mengendalikan beberapa individu robot, dengan mengeluarkan beberapa perintah individu kepada robot untuk beroperasi secara independen (antar robot tidak saling berkoordinasi). Nilai Klasifikasi: satu manusia, beberapa robot.
- Manusia menyetujui perintah robot dan mengeluarkan satu perintah terkoordinasi untuk robot tunggal. Nilai Klasifikasi: Tim manusia, satu robot.

- e. Manusia mengeluarkan perintah yang berbeda untuk sebuah robot tunggal yang robot harus *deconflict* atau prioritas. Nilai Klasifikasi: beberapa manusia, satu robot.
- f. Tim manusia mengeluarkan perintah kepada tim robot. Nilai Klasifikasi: Tim manusia, tim robot.
- g. Sebuah tim manusia mengeluarkan satu perintah per robot individu. Nilai Klasifikasi: Tim manusia, beberapa robot.
- h. Manusia sendiri mengeluarkan perintah yang berbeda untuk tim robot, robot yang harus *deconflict* atau memprioritaskan dan membagi diantara mereka sendiri. Nilai Klasifikasi: beberapa manusia, tim robot. (Yanco, H. A. and J. L. Drury, 2002), (Mustar 2014).

Sebenarnya *Human-Robot Interface* sudah lama ada hanya saja sebelumnya pengontrolan robot dimodelkan dengan menggunakan hal yang sangat sederhana dan kurang praktis. Salah satu metode pengendalian robot pada zaman dulu dilakukan dengan menggunakan tuas mekanik yang dapat mengendalikan kinerja robot secara mekanik. Selanjutnya setelah ditemukannya energy listrik model pengendalian robot juga mengalami perkembangan. Berbeda dengan sebelumnya, *Human-Robot interface* dimodelkan dengan menggunakan beberapa saklar yang digunakan untuk memutus dan menyambungkan arus listrik sehingga membutuhkan banyak saklar untuk mengatur kinerja satu unit robot. Model pengendalian robot dengan saklar ini masih dirasa sangat kurang efektif, karena tidak dapat digunakan untuk mengendalikan robot dengan fungsi yang kompleks, selain itu pengendalian dengan menggunakan saklar ini terbatas pada jarak kabel sehingga robot tidak bisa dikendalikan melalui jarak jauh. Seiring berkembangnya pengetahuan tentang komunikasi nirkabel, maka mendorong perkembangan model pengendalian robot yaitu dengan menggunakan remot yang dapat terhubung secara *wireless*, dengan demikian robot dapat dikendalikan secara jarak jauh.



Gambar 2.5 Interface Robot Dan Manusia Dengan Metode Tombol

Selanjutnya seiring dengan perkembangan teknologi komputer yang sangat pesat membuat *Human-Robot Interface* menjadi semakin modern dan inovatif. *Human-Robot interface* yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan bentuk *taxonomy* satu manusia mengendalikan satu robot yang dimodelkan dalam bentuk tampilan visual pada komputer untuk melakukan pengendalian gerakan robot. Selain itu data pengontrolan dikirimkan secara *wireless* sehingga robot dapat dikendalikan dalam jarak yang jauh tidak terbatas pada panjang kabel.

2.2.4 *Graphical User Interface (GUI)*

Metode antar muka antara manusia dengan komputer atau lebih dikenal dengan istilah *user interface* merupakan hal utama yang dapat menjembatani antara pengguna dengan sebuah perangkat , antar muka (*interface*) adalah sebuah layanan yang disediakan oleh sistem operasi sebagai media untuk berinteraksi antara pengguna dengan sistem operasi. Antar muka memungkinkan manusia untuk melakukan komunikasi dengan sistem, sehingga sistem mampu menterjemahkan yang diperintahkan manusia. Dalam hal ini sistem dapat melakukan aksi yang sesuai dengan apa yang diperintahkan. Antar muka adalah komponen dari sistem operasi yang bersentuhan langsung dengan *user*.

Metode antarmuka digolongkan menjadi dua metode yaitu “ *Command Line Interface(CLI)* dan *Graphical User Interface(GUI)*. Metode interaksi *Command Line Interface (CLI)* merupakan metode *interface* dimana pengguna

berinteraksi dengan sistem operasi melalui text-terminal. Baik dalam memberikan perintah kepada sistem, maupun dalam melakukan pengontrolan kinerja sistem dilakukan dengan menggunakan text-terminal. *User* memberikan perintah dan program pada sistem operasi tersebut dengan mengetikkan baris-baris tertentu. Lain halnya dengan *Graphical User Interface (GUI)*, *Graphical User Interface* merupakan tipe interaksi antara manusia dengan sistem operasi melalui gambar-gambar, grafik, ikon, menu, dan menggunakan perangkat penunjuk (*pointing device*) seperti mouse atau *track ball*. Dengan demikian metode *Graphical User Interface (GUI)* memungkinkan manusia untuk memberikan perintah kepada sistem dengan mengklik gambar, icon, dan grafik yang ada (Mauladi & Suratno, 2016).

Dalam masa awal lahirnya komputer, komputer dioperasikan dengan memeberikan perintah-perintah yang diketikan pada layar monitor dengan masukan menggunakan keyboard. Metode mengetikan perintah text-text tertentu pada komputer ini lebih sering dikenal dengan metode interaksi CLI (*command line Interface*). Hal ini berlaku untuk semua program atau perintah-perintah tertentu yang diberikan kepada sistem. Dengan metode *Command Line Interface* memiliki banyak kekurangan, metode ini dirasa tidak praktis dan kurang canggih. Selain itu perintah text yang dimasukan untuk melakukan interaksi dengan sistem merupakan perintah text tertentu yang dipahami oleh sistem, sehingga tidak semua orang dapat melakukan interaksi dengan menggunakan metode Comand Line *Interface*. Hanya orang-orang tertentu yang paham dengan setiap perintah text ini yang dapat melakukan interaksi. seiring dengan perkembangan teknologi dan pengetahuan tentang *interface* maka para ahli terdorong untuk menciptakan metode baru yang dapat digunakan sebagai media interaksi dengan komputer menjadi semakin mudah, praktis, efektif, dan dapat digunakan oleh setiap orang.

Sehingga terciptalah GUI atau *Graphical User Interface*. Seperti yang dijelaskan diatas *Graphical User Interface* merupakan seperangkat aplikasi yang menampilkan semua menu, ikon, dan grafik dapat dioperasikan dengan

melakukan masukan perintah dari keyboard, mouse, *trackball* dan lain sebagainya yang menggantikan perintah ketik pada terminal text. Dengan terciptanya GUI *Graphical User Interface* membuat *user* komputer menjadi lebih mudah. Apa bila sebelumnya *user* harus mengingat semua perintah untuk mengoperasikan komputer, kini setelah adanya GUI mengoperasikan sebuah perangkat tidak perlu mengingat setiap perintahnya, *user* hanya perlu memberikan aksi-aksi tertentu pada berbagai icon, menu, yang telah disediakan oleh sistem. Metode GUI ini memanfaatkan sifat alami manusia dimana manusia lebih mudah untuk mengingat gambar bila dibandingkan dengan mengingat setiap tulisan perintah.

Sejarah mencatat metode interaksi dengan menggunakan GUI pertama kali diperkenalkan oleh Machintosh dengan Steve Jobs dalam komputer yang diproduksi oleh *Apple*. Seiring dengan berkembangnya pengetahuan, metode interaksi manusia dengan komputer dengan GUI menjadi semakin berkembang dan populer. Hingga banyak vendor yang mengembangkan GUI seperti misalnya Microsoft dengan GUI Windows-nya yang menjadi tren setter penggunaan start menu dan taskbar.

Tabel 2. 1 Kelebihan Dan Kekurangan Gui

No	Kelebihan GUI	Kekurangan GUI
1.	Memiliki desain grafis yang lebih menarik	Performa perangkat tergantung dari hardware yang digunakan
2.	GUI memudahkan interaksi manusia dengan perangkat	Membutuhkan lebih banyak tempat pada layar monitor
3.	Memungkinkan <i>user</i> untuk berinteraksi dengan lebih nyaman	Membutuhkan memori yang banyak
4.	Menarik minat pengguna	

5.	Memiliki resolusi gambar yang tinggi	
6.	Lebih fleksibel	

Dalam penelitian ini akan dibuat model interaksi antara manusia-robot yang dimodelkan dengan menggunakan *interface* GUI sehingga dapat membantu manusia dalam melakukan pengontrolan kinerja robot, *user* menjadi operator sepenuhnya dalam melakukan pengendalian robot. Metode interaksi dengan GUI dipilih karena tampilan GUI dapat disesuaikan dengan fungsi dari robot. Ketika dilakukan pengembangan terhadap fungsi robot menjadi lebih kompleks, maka tampilan GUI dapat dilakukan pengembangan baik dalam segi menambahkan tombol, slider, indicator, dan sebagainya disesuaikan dengan kebutuhan *user*. Metode Human-Robot *Interface* dengan menggunakan tampilan visual GUI dapat memberikan kemudahan kepada *user* untuk melakukan pengendalian terhadap robot.

2.2.5 Kombinasi Warna Terbaik Deain Interface

Kombinasi warna dalam desain interface merupakan sebuah aspek yang penting. Warna dapat memberikan kontribusi terhadap kenyamanan dalam proses interaksi antara *user* dan perangkat. Oleh karena itu programmer harus memperhatikan aspek psikologi warna dalam mendesain sebuah *interface*. Sehingga kombinasi warna yang digunakan dalam desain *interface* tidak membuat mata jenuh dan cepat mengalami kelelahan. Pemilihan warna yang sesuai pemilihan warna pada desain GUI ini berdasarkan kombinasi warna terbaik dalam membangun sebuah desain interface. Kombinasi warna terbaik dalam mendesain GUI ini dimaksudkan agar desain GUI tidak menyebabkan mata cepat lelah, membuat GUI menjadi lebih menarik, selain itu pemilihan warna ini juga penting agar *user* dapat dengan mudah memahami GUI. Berikut merupakan kombinasi warna terbaik dan terburuk berdasarkan psikologi warna dalam pembuatan desain interface yang disajikan dalam sebuah table.

Tabel 2.2 Komposisi Kombinasi Warna Terbaik

No	Background	Garis dan Teks (Normal)	Garis dan Teks (Tebal)
1.	Putih	Biru (94%), Hitam (63%), Merah (25%)	Hitam (69%), Biru (63%), Merah (31%)
2.	Hitam	Putih (75%), Kuning (63%)	Kuning (69%), Putih (59%), Hijau (25%)
3.	Merah	Kuning (75%), Putih (56%), Hitam (44%)	Hitam(50%),Kuning (44%), Putih (44%), Cyan (31%)
4.	Hijau	Hitam (100%), Biru (56%), Merah (25%)	Hitam (69%), Merah (63%), Biru (31%)
5.	Biru	Putih (81%), Kuning (50%), Cyan (25%)	Kuning (38%), Magenta (31%), Hitam (31%), Cyan (31%), Putih (25%)
6.	Cyan	Biru (69%), Hitam (56%), Merah (37%)	Merah (56%), Biru (50%), Hitam (44%), Magenta (25%)
7.	Magenta	Hitam (63%), Putih (56%), Biru (44%)	Biru (50%), Hitam (44%), Kuning (25%)
8.	Kuning	Merah (63%), Biru (63%), Hitam (56%)	Merah (75%), Biru (63%), Hitam (50%)

Tabel 2.3 Komposisi Kombinasi Warna Terburuk

No	Background	Garis dan Teks (Normal)	Garis dan Teks (Tebal)
1.	Putih	Kuning (100%), Cyan (94%)	Kuning (94%), Cyan (75%)
2.	Hitam	Biru (87%), Merah (44%), Magenta (25%)	Biru (81%), Magenta (31%)
3.	Merah	Magenta (81%), Biru (44%), Hijau & Cyan (25%)	Magenta (69%), Biru (50%), Hijau (37%), Cyan (25%)
4.	Hijau	Cyan (81%), Magenta (50%), Kuning (37%)	Cyan (81%), Magenta & Kuning (44%)
5.	Biru	Hijau (62%), Merah & Hitam (37%)	Hijau (44%), Merah & Hitam (31%)
6.	Cyan	Hitam (81%), Kuning (75%), Putih (31%)	Kuning (69%), Hijau (62%), Putih (56%)
7.	Magenta	Hijau (75%), Merah (56%), Cyan (44%)	Cyan (81%), Hijau (69%), Merah (44%)
8.	Kuning	Putih & Cyan (81%)	Putih (81%), Cyan (56%), Hijau (25%)

2.2.6 Sistem Kendali Robot

Tidak dapat dipungkiri bahwa dalam kehidupan sehari-hari, sistem kendali (sistem *Control*) memegang peranan yang sangat penting. Saat ini sistem kendali sangat populer untuk mengendalikan berbagai peralatan yang dapat meringankan kebutuhan manusia, mulai dari hal yang kecil seperti mengendalikan temperature dalam ruangan, mengendalikan tekanan gas pada

alat-alat industri, hingga aplikasi yang lebih kompleks seperti sistem kendali pesawat, mengendalikan rudal dan lain sebagainya.

Kemajuan pengetahuan tentang sistem kendali juga masuk dalam ranah robotika. Sistem kendali dalam dunia robot digunakan untuk mengendalikan gerakan robot berdasarkan data sensor yang mendeteksi keadaan lingkungan. Sebagai contoh pada robot penjejak garis sistem control akan berperan untuk mengendalikan arah dari robot berdasarkan dari arah garis yang dideteksi oleh sensor.

Sistem *control* dapat dikatakan sebagai hubungan antara komponen yang membentuk sebuah konfigurasi sistem, yang akan menghasilkan tanggapan sistem yang diharapkan. Jadi harus ada yang dikendalikan, yang merupakan suatu sistem fisis, yang biasa disebut dengan kendalian (*plant*)” (Rahmat Fauzi Siregar, 2017).

Selain itu sistem *control* dapat diartikan sebagai suatu kumpulan cara atau yang diambil dari beberapa kebiasaan manusia pada saat bekerja, dimana manusia membutuhkan pengamatan kualitas dari suatu hal yang telah dikerjakan sehingga hasil pekerjaan memiliki karakteristik sesuai dengan yang diharapkan. Oleh sebab itu manusia terdorong untuk menciptakan dan mengoperasikan pekerjaan-pekerjaan kontrol yang semula dilakukan oleh manusia menjadi serba otomatis (dilakukan oleh mesin)”.

Secara sederhana sistem kendali dapat diartikan sebagai kombinasi dari komponen-komponen yang bekerja bersama untuk menjalankan sebuah proses pengendalian terhadap satu atau banyak parameter (besaran) sehingga tetap berada pada set point yang diinginkan, atau berada pada suatu nilai yang diizinkan (*range* tertentu). Sebenarnya sistem control telah ada dari zaman nenek moyang dan terus mengalami perkembangan hingga sekarang. Dahulu sistem control dilakukan oleh manusia, sebagai contoh saat manusia melakukan pemburuan hewan menggunakan busur dan panah, manusia bertindak sebagai kontroler dimana otak manusia yang mengatur arah, sudut elevasi, tenaga yang dibutuhkan, serta menentukan kapan waktu yang tepat melepaskan busur panah.

Otak sebagai kontroler, arah, sudut, dan tenaga sebagai parameter yang dikontrol, serta tangan sebagai aktuator.

Semakin berkembangnya pengetahuan tentang sistem kendali, maka semakin berkembang konsep pengendalian yang dilakukan untuk merancang alat bantu pengendali. Sebagai contoh pada zaman awal peradaban teknologi manusia mulai mengenal pengendalian volume air dalam tangki menggunakan prinsip pelampung, saat air dalam tangki terlalu sedikit, maka kondisi ini akan mengakibatkan pelampung menarik tuas yang selanjutnya tuas akan membuka kran air, saat air penuh melebihi batas yang diinginkan maka pelampung akan menarik tuas lainnya untuk mematikan kran. Sebagai contoh lain manusia mulai mengenal teknik pengendalian temperature pada menggunakan bimetal, saat suhu melebihi batas maka bimetal akan melengkung ke arah tertentu selanjutnya akan mematikan elemen pemanas, saat suhu menurun melebihi batas maka bimetal akan melengkung ke arah sebaliknya yang selanjutnya akan menyalakan elemen pemanas, dengan demikian maka nilai temperature akan tetap berada dalam range yang diizinkan.

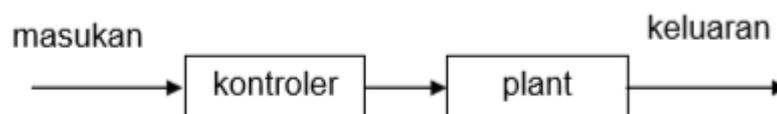
Kemajuan pengetahuan dalam bidang mikroprosesor dan komputer membawa perubahan dalam melakukan pengendalian menjadi semakin modern, komputer mampu melakukan berbagai komputasi aritmatika, melakukan operasi fungsi-fungsi logika dan matematis. Selain itu komputer mampu menyimpan data dalam sebuah memory khusus, membuat komputer dan mikroprosesor mampu menggantikan fungsi otak manusia secara sederhana.

Pada dasarnya sistem kendali terdiri atas beberapa komponen dasar, yaitu berupa masukan, proses pengendalian, dan keluaran. Masukan dan keluaran merupakan variabel atau besaran fisis. Keluaran merupakan hal yang dihasilkan oleh kendalian, artinya yang dikendalikan. Masukan adalah yang mempengaruhi kendalian, yang mengatur keluaran. Kedua dimensi masukan dan keluaran tidak harus sama (Hedwig, 2004).

Sistem Kontrol dapat digolongkan menjadi 2 bagian besar yaitu sistem control terbuka (*Open-Loop Control Sistem*) dan sistem control tertutup (*Close-Loop Control Sistem*)

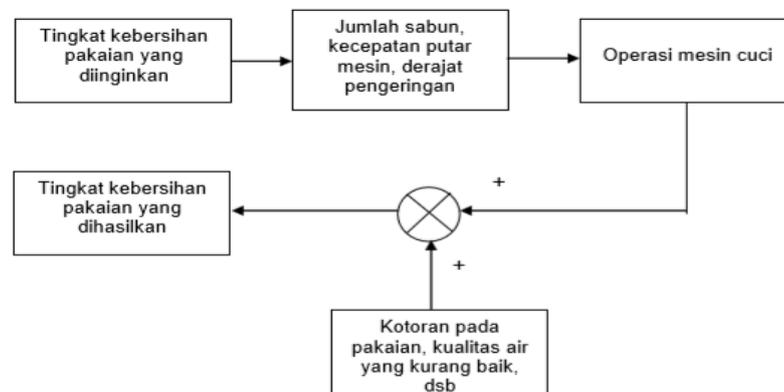
1. Sistem Control Terbuka

Sistem *control* terbuka merupakan sebuah metode pengontrolan yang memiliki karakteristik nilai keluaran tidak mempengaruhi dari aksi control tersebut. Sehingga dalam hal ini tidak terjadi umpan balik dalam pengontrolannya, maksudnya pada sistem kendali terbuka hanya terjadi pengendalian secara 1 arah saja dimana tidak dapat digunakan sebagai umpan balik dalam masukan.



Gambar 2.6 Diagram Blok Sistem Kendali Terbuka

Seperti blok gambar 2.6 di atas tidak terjadi umpan balik yang dijadikan acuan untuk masuk dalam impuan kontroler lagi, contoh dari sistem terbuka yaitu sebuah mesin cuci dimana penggilingan pakaian, pemberian sabun, dan pengeringan pakaian yang bekerja sebagai operasi mesin tidak akan berubah walaupun terdapat gangguan dari luar seperti pemberian sabun yang terlalu sedikit, atau mesin diberikan terlalu sedikit air, mesin tidak dapat mengidentifikasi hal tersebut dan tidak memberikan perlakuan khusus terhadap kondisi diatas, dengan demikian mesin tidak dapat mempedulikan tingkat kebersihan dari pakaian (sebagai keluaran sistem). Diagram kotak gambar 2.7 berikut akan membantu memahami gambaran dari proses pada mesin cuci.

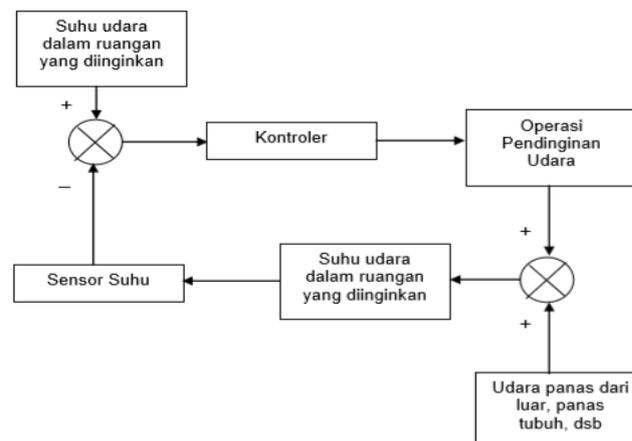


Gambar 2.7 Diagram Blok Sistem Control Mesin Cuci

Sistem *Open-Loop*, memiliki karakteristik keluaran dari sistem tidak dibandingkan dengan masukan acuan. Sistem control terbuka ini memiliki kelebihan sederhana, mudah, dan murah. Akan tetapi sistem terbuka juga memiliki kekurangan dimana sistem ini tidak stabil, memiliki tingkat *error* yang besar, hasilnya tidak konsisten bila ada gangguan dari luar. Sistem control terbuka dapat digunakan hanya jika hubungan antara input dan output diketahui. Selain itu tidak terdapat gangguan internal maupun eksternal yang dapat mengganggu sistem tersebut.

2. Sistem Control Tertutup

Lain halnya dengan sistem control terbuka, pada sistem control tertutup lebih identik dengan sistem control dengan menggunakan umpan balik, dimana hasil output dari sistem akan digunakan sebagai acuan lagi pada masukan sehingga nilai dari keluaran akan ikut mempengaruhi aksi control sistem tersebut. Sebagai contoh Sistem Close-Loop digunakan dalam pengendalian temperature ruangan dengan mengenalkan pendingin udara (AC).

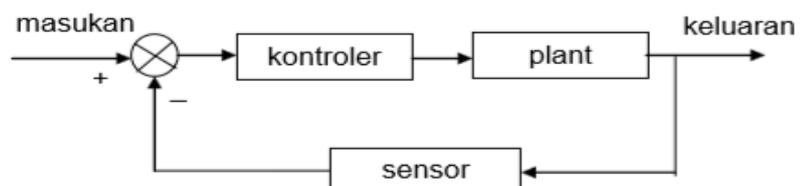


Gambar 2.8 Blok Diagram Sistem Control Suhu Ruangan

Pada mulanya Ac dilakukan masukan nilai suhu yang diinginkan oleh *user*. Sehingga suhu yang diinginkan *user* ini dijadikan sebagai set point yang harus dicapai. Keluaran dari sistem ini adalah udara dingin yang akan mempengaruhi suhu dari ruangan. Ketika sistem diaktifkan dan

dideteksi bahwa suhu ruangan berada di atas suhu set point, maka AC akan memberikan hembusan udara dingin yang lebih banyak untuk mendinginkan temperature ruangan hingga batas set point yang diinginkan. Ketika suhu ruangan sama dengan suhu yang diinginkan (set point) maka AC akan dimatikan, sistem akan melakukan monitor terus menerus terhadap kondisi suhu ruangan. Dengan memberikan umpan balik berupa nilai suhu ruangan setelah diberikan udara dingin. Maka akan didapatkan nilai *error* dari selisih antara suhu actual dengan suhu set point. Selanjutnya sistem akan berusaha memperbaiki *error* yang dihasilkan sehingga akan di dapatkan eror yang semakin lama semakin berkurang dan selalu mendekati nilai set point.

Secara umum blok diagram close loop sistem dapat diamati dalam gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Blok Diagram Sistem Tertutup

Berbeda dengan sistem kendali terbuka, pada sistem kendali tertutup memang lebih rumit, lebih mahal, dan lebih rumit dalam desain, akan tetapi sistem ini jauh lebih stabil, dan memiliki tingkat kesalahan yang rendah, sistem ini juga mampu mendeteksi gangguan dari luar, sehingga tidak heran apabila sistem ini lebih dipilih untuk mengendalikan beberapa alat yang mengutamakan keakuratan, dan konsistensi.

2.2.7 Mikrokontroler Arduino Uno

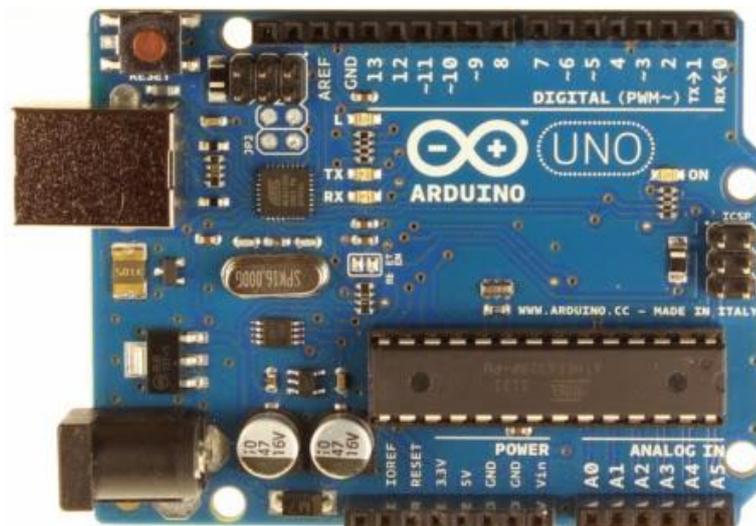
Arduino adalah nama keluarga pada papan (*board*) mikrokontroler yang bersifat open source yang bertujuan untuk memudahkan eksperimen atau mewujudkan berbagai peralatan berbasis mikrokontroler (Mustar, 2014). Arduino merupakan salah satu jenis mikrokontroler, sedangkan mikrokontroler sendiri merupakan sebuah sistem komputer fungsional yang dimuat dalam

sebuah *chip*. Sama sehingga dapat dibilang mikrokontroler merupakan miniature komputer, sama halnya dengan komputer dalam mikrokontroler juga terdapat prosessor, memory, RAM dan dilengkapi dengan pin Input Output. Arduino merupakan rangkaian elektronik yang bersifat *open source*, artinya rangkain ini dapat dengan mudah untuk dikembangkan menjadi berbagai projek sesuai dengan kebutuhan. Board arduino memiliki beberapa jenis yang digolongkan berdasarkan performa dan jumlah pin Input, Output yang dimiliki. Mulai dari arduino nano, arduino uno hingga arduino mega.

Beberapa peneliti sebelumnya juga menggunakan Arduino sebagai pengontrol utama pada penelitiannya, seperti Muhammad Ichwan, dkk. Yang menjelaskan bahwa “Arduino adalah sebuah board mikrokontroler dibangun menggunakan basic Atmega328. Arduino UNO memuat berbagai pin yang dapat dijadikan sebagai I/O , selain itu juga mudah untuk menghubungkannya ke komputer dengan sebuah kabel USB tanpa perlu menggunakan hardware baru untuk mengupload program, karena board arduino sudah dilengkapi dengan *bootloader* yang memungkinkan program dalam board langsung dapat diketik ulang atau dihapus dengan hanya menggunakan kabel USB” (Ichwan, Husada, & Rasyid, 2013).

Arduino Uno memiliki mikrokontroler berbasis ATmega328. Dalam board arduino memiliki 14 pin digital I/O dan 6 diantaranya dapat berfungsi sebagai output PWM. Selain itu dalam board arduino juga terdapat 6 input analog yang dilengkapi dengan ADC. Board arduino juga dilengkapi dengan pembangkit detak eksternal crystal keramik 16 MHz, memiliki koneksi USB, jack DC power, konektor ICSP, serta sebuah tombol reset. Arduino Uno bisa juga menggunakan sumber daya power USB yang dihubungkan dengan komputer dengan melalui USB. Selain itu juga dapat menggunakan adaptor atau battery sebagai catu daya utamanya. Board arduino dapat diprogram dengan menggunakan bahasa pemrograman arduino. Program arduino disesuaikan dengan wiring yang dirancang, dalam program juga dapat dilakukan konfigurasi pin yang digunakan baik sebagai input atau output. Board arduino dapat mengontrol sistem secara independen (berdiri sendiri),

namun arduino juga dapat dikoneksikan dengan perangkat lain baik arduino lain, ataupun komputer.



Gambar 2.10 Arduino Uno

1. Spesifikasi Arduino UNO

Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino UNO

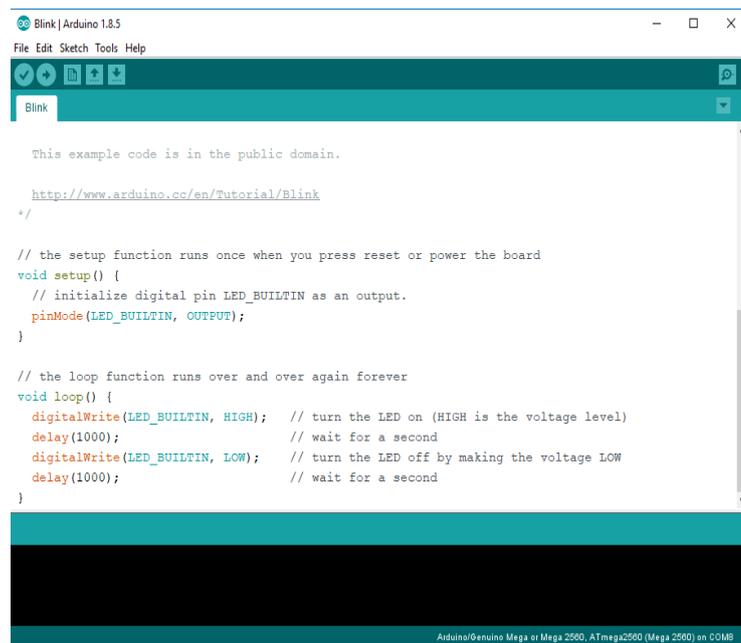
Mikrokontroler	ATmega328
Operasi tegangan	5Volt
Input tegangan	disarankan 7-11Volt
Input tegangan batas	6-20Volt
Pin I/O digital	14 (6 bisa untuk PWM)
Pin Analog	6
Arus DC tiap pin I/O	50mA
Arus DC ketika 3.3V	50mA
Memori flash	32 KB (ATmega328) dan 0,5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Kecepatan clock	16 MHz

2. Memori pada Arduino UNO

Dalam bord Arduino UNO terdapat ATmega328 sebagai mikrokontroler utama. Mikrokontroler ini mempunyai 32 KB dimana 0,5 KB digunakan sebagai *bootloader*. selain itu ATmega328 data pada ATmega328 dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan / library

EEPROM. memory pada Atmega 328 terbagi atas SRAM dan EEPROM. SRAM bersifat *volatile* atau dengan kata lain tidak memiliki kemampuan untuk menyimpan data secara permanen pada saat catu daya diputus sedangkan EEPROM bersifat *nonvolatile*. Besarnya memory pada atmega 328 adalah 2 Kb dari SRAM dan 1 Kb EEPROM.

Board Arduino dapat diprogram ulang dengan cara mengcompile, menulis dan men-download program pada board Arduino. Proses ini menggunakan *software* khusus bawaan dari arduino yaitu Arduino IDE atau disebut juga dengan sketch, berikut merupakan contoh tampilan dari software Arduino IDE



```

Blink | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help

Blink

This example code is in the public domain.

http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink
*/

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}

Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on COM8

```

Gambar 2.11 Tampilan Shoftware Arduino IDE

3. PIN Input dan Output

Dalam board Arduino terdapat beberapa pin yang terdiri atas 14 pin digital yang dapat difungsikan sebagai input atau output. Pendeklarasian pin sebagai inputan ataupun outputan dilakukan pada program dengan perintah fungsi pinMode(), digitalWrite(), atau juga digitalRead(). Setiap pin I/O pada arduino UNO dapa bekerja dengan tegangan 5 volt denagn arus maksimal yang dapat mengalir adalah

sebesar 40mA. Berikut akan dijelaskan fungsi dari setiap pin yang terdapat dalam board Arduino UNO yaitu :

Tabel 2.5 Fungsi Pin I/O Arduino UNO

Nama pin	Fungsi
Pin 0 dan 1	0 sebagai RX dan 1 sebagai TX, kedua pin ini dapat berfungsi sebagai pengirim dan penerima data serial pin ini terhubung dengan Pin Atmega 8 USB-to-Serial.
Pin 2 dan 3	Berfungsi sebagai Pin interupsi external dapat diaktifkan dengan perintah fungsi attachInterrupt()
Pin 3, 5, 6, 9,10,	Selain sebagai pin digital juga sebagai Pin yang menyediakan fungsi PWM
SPI : pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK)	Dapat digunakan sebagai komunikasi SPI (<i>Serial Pheriperal Interface</i>)
Pin 13	Sebagai pin I/O digital sekaligus sebagai LED <i>built –in</i> sehingga LED akan menyala ketika pin 13 diaktifkan.
Pin A0- A5	Sebagai PIN analog yang semuanya mensuport resolusi 10bit
Pin A4 dan A5	Sekaligus sebagai komunikasi TWI(<i>Two Wire Interface</i>) A4 sebagi SDA(<i>Serial Data</i>) dan pin A5 sebagai SCL(<i>Serial Clock</i>)

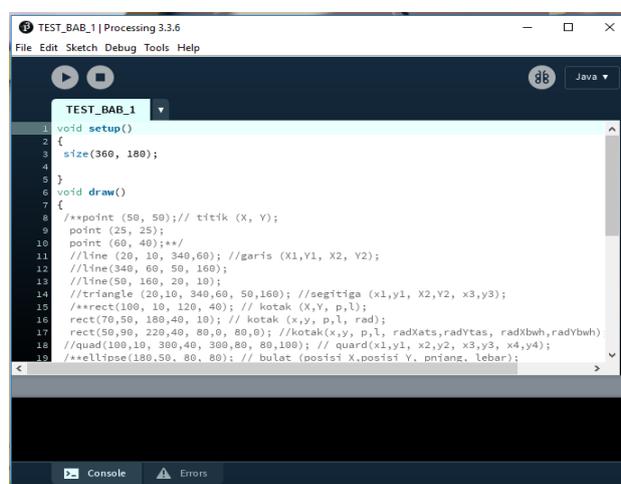
2.2.8 Processing

Untuk membangun sebuah tampilan visual (GUI) dalam komputer dapat menggunakan berbagai *software* seperti Matlab, Labview, Netbeans IDE, Java Swing, dan sebagainya, namun dalam penelitian ini akan lebih fokus untuk membahas salah satu *software* yang dapat digunakan untuk membangun sebuah GUI yaitu dengan menggunakan *software processing*. *Software* Processing dipilih karena dengan dalam *software* Processing menyediakan berbagai fitur yang mumpuni seperti membuat berbagai tombol, membuat *slider*, membuat animasi dan lain sebagainya. Selain itu dengan menggunakan *software* processing dapat langsung berhubungan dengan arduino sehingga memudahkan *user* untuk membuat berbagai penelitian yang mempelajari interaksi proyek elektronika melalui board arduino dan komputer.

Processing adalah nama bahasa pemrograman yang ditujukan untuk komputer. Processing bertujuan untuk mempermudah siapa saja yang tidak berlatar belakang ilmu komputer dapat memahami hal-hal seperti Gambar, Animasi, Suara, Video, Perangkat keras (Abdul Kadir, 2017). Dalam sumber lain juga dijelaskan bahwa Processing adalah bahasa pemrograman open source dan lingkungan bagi orang-orang yang ingin membuat gambar, animasi, dan interaksi (Sulistyo, 2013). Dengan demikian dapat diartikan bahwa *software* processing digunakan untuk merepresentasikan gambar, animasi, ataupun *interface* peralatan elektronika (arduino) dengan komputer.

Pada mulanya, Bahasa pemrograman *processing* ini dirancang oleh Casey Reas dan Ben Fry di Massachusetts Institute of Technology (MIT) pada tahun 2001. Mereka mencoba untuk mempermudah siapa saja terutama orang yang tidak mempunyai kompetensi pada ilmu komputer untuk dapat dengan mudah memahami pemrograman komputer. Casey Reas dan Ben Fry mengupayakan bagaimana caranya menghasilkan tampilan visual dengan hanya menggunakan sedikit kode. Hal ini yang membuat *software processing* berbeda sekaligus menjadi keunggulan dari bahasa *processing* bila dibandingkan dengan bahasa pemrograman yang lain, bahasa program yang lain cenderung mengutamakan pemrosesan text saja.

Sama seperti arduino, dalam *software Processing* juga dapat dilakukan pemrograman dengan menggunakan IDE, dengan demikian sangat memudahkan *user* untuk membuat program atau lebih dikenal dengan nama sketsa. *User* dapat membuat programnya melalui text editor pada jendela processing, dapat dibuat berbagai macam tampilan GUI sesuai dengan keinginan, selain itu *user* juga langsung dapat menjalankan sketsa yang telah dibuat secara langsung pada komputer. Berikut adalah gambar tampilan *software processing*.



```

1 void setup()
2 {
3   size(360, 180);
4 }
5
6 void draw()
7 {
8   /**point(50, 50); // titik (X, Y);
9   point(25, 25);
10  point(60, 40);**/
11  //line(20, 10, 340, 60); //garis (X1,Y1, X2, Y2);
12  //line(340, 60, 50, 160);
13  //line(50, 160, 20, 10);
14  //triangle(20,10, 340,60, 50,160); //segitiga (x1,y1, x2,y2, x3,y3);
15  /**rect(100, 10, 120, 40); // kotak (X,Y, p,l);
16  rect(70,50, 180,40, 10); // kotak (x,y, p,l, rad);
17  rect(50,90, 220,40, 80,0, 80,0); //kotak(x,y, p,l, radXats,radYtas, radXbwh,radYbwh)
18  //quad(100,10, 300,40, 300,80, 80,100); // quad(x1,y1, x2,y2, x3,y3, x4,y4);
19  /**ellipse(180,50, 80, 80); // bulat (posisi X,posisi Y, panjang, lebar);

```

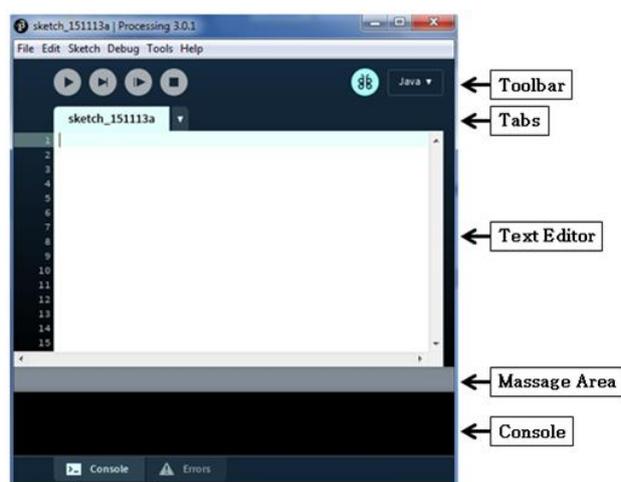
Gambar 2.12 Tampilan IDE Processing

Pada Awalnya *processing* dikembangkan sebagai *software* sketsa perangkat lunak untuk mengajarkan dasar-dasar pemrograman komputer dalam konteks visual, *software processing* tampil beda dengan segala kemudahan yang ditawarkan sehingga Saat ini puluhan ribu mahasiswa, desainer, seniman, dan peneliti menggunakan *Processing* untuk belajar membuat visual pada komputer, membuat prototyping, dan produksi. Selain itu *Processing* juga termasuk dalam Pengembangan Terpadu (*Integrated Development Environment, IDE*) yang dibangun dengan tujuan mengajarkan dasar-dasar pemrograman komputer dalam konteks visual, selain itu *processing* juga hadir untuk melayani dasar sketsa elektronik yang memudahkan semua orang untuk dapat belajar desain komputer.

Dalam penerapannya, bahasa *processing* bukan hanya dibangun diatas bahasa Java, namun *processing* hadir menggunakan sintaks-sintaks yang jauh

lebih sederhana. Dengan demikian banyak yang lebih memilih untuk menggunakan *software processing* untuk mengembangkan proyek-proyek yang berhubungan dengan prinsip-prinsip bentuk visual, gerak, dan interaksi. Bahasa *Processing* adalah bahasa pemrograman teks yang khusus dirancang untuk menghasilkan dan memodifikasi gambar yang dikemas sedemikian rupa sehingga Pemula dapat menulis program sendiri dengan sangat mudah dan tentunya dengan menggunakan sintaks-sintaks yang tidak rumit juga sedikit. Selain itu untuk memudahkan pemula untuk lebih memahami berbagai fitur yang ada terdapat banyak library yang telah ditulis oleh orang yang lebih ahli sebagai referensi. Library dengan fungsi tambahan ini dapat didownload dan dipelajari oleh siapapun. Pada *software processing* terdapat banyak fitur yang mendukung teknik mengajar komputer grafik dan interaksi termasuk didalamnya vektor / raster gambar, pengolahan citra, model warna, mouse, dan keyboard, jaringan komunikasi, dan pemrograman berorientasi obyek (object oriented programming). Library dengan mudah memperpanjang *Processing* untuk menghasilkan suara, mengirim / menerima data dalam format yang beragam, dan untuk impor / ekspor dari format file 2D dan 3D (Sulistyo, 2013).

1. Dasar Penggunaan *Processing*



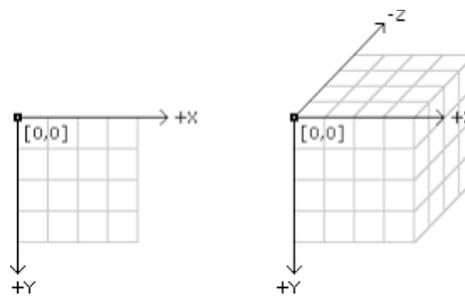
Gambar 2.13 Bagian Bagian Pada *Processing* IDE

Pada *processing* IDE mengandung empat bagian utama yang penting, diantaranya adalah Menu, toolbar, area pesan, serta konsol. Menu berisi sejumlah pilihan diantaranya menu file, Edit,

Sketch, Debug, Tools, dan terakhir Help. Sedangkan pada toolbar juga berisi beberapa pilihan diantaranya ikon Run dan ikon stop. Area pesan digunakan sebagai tempat untuk menuliskan peringatan ataupun *error* pada penulisan sketsa. Konsol digunakan untuk menampilkan informasi hasil dari sketsa, ataupun dapat juga berisikan pesan kesalahan. Yang terakhir adalah editor text yang berfungsi sebagai tempat untuk menuliskan sketsa.

2. Sistem Kordinat

Sistem koordinat yang digunakan pada jendela sketsa berbeda dengan sistem koordinat kartisian pada operasi matematis. Pada *processing*, jendela sketsa merupakan susunan dari banyak piksel. Piksel dengan koordinat (0,0) berada pada pojok sisi kiri atas layar, nilai X akan bertambah kearah kanan dan Y akan bertambah kearah bawah. Dalam hal ini ukuran dari jendela sketsa dapat ditentukan dengan perintah `size (X,Y)`.



Gambar 2.14 Sistem Koordinat Pada *Processing*

3. Dasar Perintah Pada *Processing*

Untuk membangun sebuah tampilan GUI dengan menggunakan *software processing*, harus memahami perintah-perintah dasar untuk membangun tampilan pada GUI diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6 Perintah Dasar Pada *Processing*

Sintaks	Fungsi	Format
<code>size();</code>	Untuk membuat	Size(panjang

	ukuran jendela sketsa	X,panjangY);
point();	Untuk membuat titik pada piksel tertentu	Point(koordinatX,koordinatY);
line();	Untuk membuat garis dengan panjang dan arah tertentu	Line(titik awalX,titik awalY, titik akhir X, titik akhir Y);
triangle();	Untuk membuat bentuk yang terdiri dari 3 garis (segitiga)	triangle(x1, y1, x2, y2, x3, y3);
quad();	digunakan untuk menggambar bentuk segi empat, poligon bersisi empat. Fungsi ini memiliki delapan parameter	quad(x1, y1, x2, y2, x3, y3, x4, y4);
rect();	Fungsi rect() digunakan untuk menggambar bentuk persegi panjang:	rect(x, y, lebar, tinggi);
ellipse();	digunakan untuk menggambar bentuk ellips (lingkaran) pada display window	ellipse(x, y, lebar, tinggi);

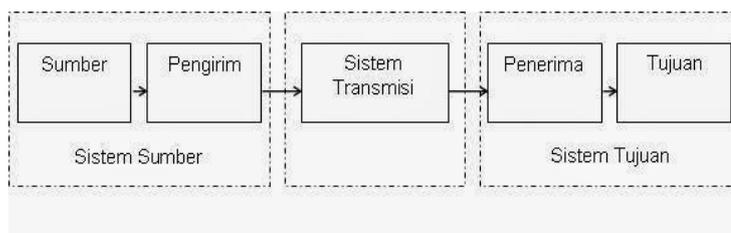
2.2.9 Komunikasi Data

Pada zaman yang modern ini proses tukar-menukar informasi menjadi semakin penting, berkat kemajuan teknologi yang pesat saat ini segala informasi dapat tersebar dalam waktu yang singkat. Informasi dapat langsung

dikirim dari sumber kepada tujuan dalam hitungan detik bahkan dalam tempat yang sangat jauh. Hal ini yang menjadikan potensi untuk dikembangkan dan di aplikasikan dalam dunia robotic dimana informasi atau perintah dari *user* dapat dikirimkan dengan waktu yang singkat walaupun robot berada jauh dari operator.

Secara bahasa komunikasi berasal dari bahasa Inggris *communication*, dari bahasa Latin *communicates* yang dapat diartikan berbagi atau menjadi milik bersama, sehingga komunikasi dapat diartikan sebagai proses *sharing* diantara dua atau lebih pihak yang melakukan aktifitas komunikasi. Selain itu Utami Rahma, menjelaskan Komunikasi data adalah proses pengiriman informasi diantara dua titik menggunakan kode biner melewati saluran transmisi dan peralatan *switching* dapat terjadi antara komputer dengan komputer, komputer dengan terminal atau komputer dengan peralatan (Rahma, 2014).

Data yang dikirimkan merupakan data digital yang di transmisikan menggunakan perangkat dan metode tertentu informasi yang dikirimkan awalnya dapat berupa suara, gambar atau teks yang kemudian dikonversikan dalam bentuk data digital oleh perangkat komputer. Untuk melakukan proses komunikasi ini diperlukan beberapa komponen utama diantaranya adalah:



Gambar 2.15 Komponen Utama Komunikasi

Keterangan :

Tabel 2.7 Fungsi Komponen Komunikasi

Sumber (source)	Alat/komponen yang membangkitkan data atau informasi yang akan di transmisikan
Pengirim (transmitter)	Alat untuk memproses data atau informasi yang berasal dari sumber (source) agar dapat di salurkan oleh sistem/media transmisi.

Sistem Transmisi	Berupa jalur transmisi yang menghubungkan sistem sumber dengan sistem tujuan, secara fisik dapat berupa media wireline atau media <i>wireless</i> .
Penerima (receiver)	Alat untuk menerima sinyal dari sistem transmisi dan memproses menjadi informasi yang dapat ditangkap/diproses oleh tujuan.
Tujuan (destination)	Menangkap informasi yang dihasilkan oleh penerima, selanjutnya diubah menjadi jenis informasi yang sama dengan informasi yang dikirimkan.

1. Komunikasi Tanpa Kabel (*wireless*)

Komunikasi juga dapat terjadi dengan menggunakan media transmisi komunikasi *wireless* (tanpa kabel). Metode pengiriman informasi dengan *wireless* ini lebih dikenal dengan metode *unguided tansmission data* (pengiriman data yang tidak terpadu). Pengiriman data ini dapat menggunakan berbagai media diantaranya dengan menggunakan gelombang, berdasarkan dari frekuensi gelombangnya, transmisi data *wireless* dapat digolongkan menjadi 3 yaitu gelombang radio (3 KHz – 1 GHz), gelombang mikro (1 – 300 GHz), infrared (300 GHz – 400 THz)

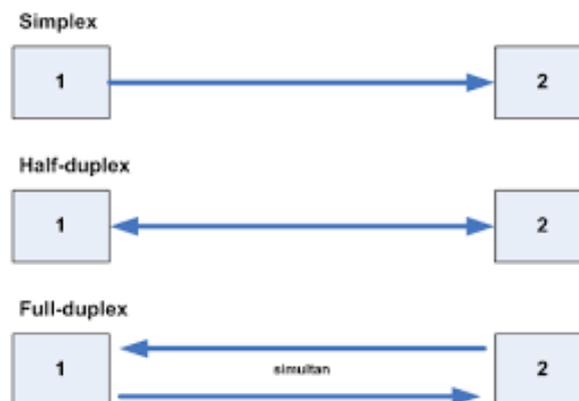
Namun dalam penelitian ini akan lebih membahas pada transmisi gelombang radio karena proses pengiriman dan penerimaan data untuk mengontrol robot dari komputer menggunakan transmisi *wireless* dengan gelombang radio.

2. Metode Transmisi Data

Metode Transmisi Berdasarkan aliran datanya komunikasi data terbagi menjadi tiga kategori, yaitu sebagai berikut :

- a. Metode Simplex : merupakan metode komunikasi searah, sehingga hanya dapat mengirimkan atau menerima saja.
- b. Metode Half Duplex : metode pengiriman pesan yang dapat dilakukan dengan dua arah yang dilakukan secara bergantian.

- c. Metode Full Duplex : merupakan metode komunikasi dimana komunikasi dilakukan secara dua arah secara bersamaan.



Gambar 2.16 Metode Transmisi Data

3. 3DR Radio Telemetry

Untuk mengirimkan dan menerima data antara komputer dengan perangkat robot dapat menggunakan media *wireless*, artinya robot dan komputer dapat saling bertukar informasi tanpa menggunakan kabel. Untuk membuat data dapat dikirimkan secara *wireless* membutuhkan perangkat khusus yang berfungsi sebagai pengirim (*transmitter Tx*) dan perangkat penerima (*receiver Rx*). Dalam penelitian ini akan digunakan perangkat radio telemetry berbasis 3DR Radio Sistem dan 100% kompatibel. Perangkat telemetry module ini didesain sebagai open source telemetry. Sistem komunikasi yang digunakan adalah komunikasi *full-duplex*, artinya perangkat ini dapat berkomunikasi secara dua arah, antara *transmitter* dengan *receiver* dapat saling menukar informasi (data). Dalam module radio telemetry ini disertai modul HopeRF HM-TRP yang berfungsi sebagai rangkain pengirim data secara *wireless* (Mustar & Wiyagi, 2017).

Kelebihan dari metode pengiriman data dengan menggunakan *wireless* adalah data dapat dikirim melalui jarak yang cukup jauh dan lebih fleksibel karena tidak dibatasi dengan panjang kabel. Sehingga metode *wireless* lebih dipilih untuk berkomunikasi antara robot dengan komputer sebagai pengontrolnya. Module radio telemetry ini dapat

mengirimkan data sejauh kurang lebih 1 mil atau sekitar 1.6 km. module radio telemetry ini menggunakan TTL serial standar 5V atau USB FTDI Serial.



Gambar 2.17 RCTimer Radio Telemetry Kit 433MHz

Beberapa spesifikasi dari modul ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.8 Data Spesifikasi 3DR Telemetry

Frekuensi	433 MHz
Sensitifitas penerima	-121 dBm
Transmit power	20dBm (100mW)
Komunikasi	Menggunakan komunikasi serial
Air rate	sampai 250 Kbps
Paket Protokol	MAVLink dan status laporan
Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)	Yes
Adaptive Time Division Multiplexing (TDM)	Yes
Mendukung LBT dan AFA	Yes
Dibuat dengan koreksi <i>error</i>	sampai 25% bit <i>error</i>

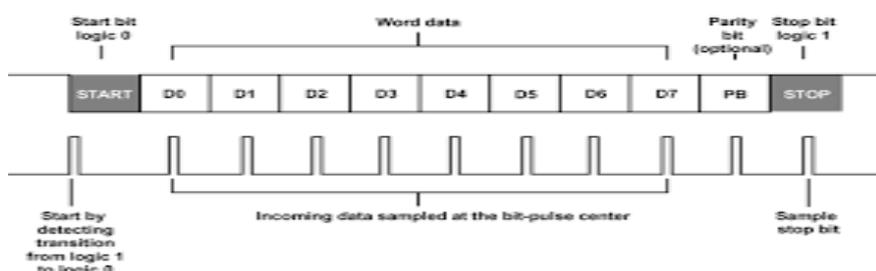
4. Komuinikasi UART

Untuk saling berkomunikasi antara pengirim dan penerima perangkat ini menggunakan *Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)*. Universal Asynchronous Receiver-Transmitter adalah bagian perangkat keras komputer yang dapat menerjemahkan

antara bit-bit paralel data dan bit-bit serial. Universal Asynchronous Receiver-Transmitter berupa sirkuit terintegrasi yang berguna untuk melakukan komunikasi serial pada komputer atau port serial. Dengan menggunakan UART maka dapat mengirimkan data serial antara satu *device* kepada *device* yang lainnya. Seperti halnya komunikasi antara sesama PC, sesama mikrokontroler atau PC ke mikrokontroler. Dalam melakukan pengiriman data, perangkat Tx dan Rx harus memiliki *clock* yang sama. Hal ini merupakan syarat wajib karena dalam pengiriman paket data dilakukan tiap bit berdasarkan *clock* tersebut. Dengan demikian maka komunikasi serial dengan menggunakan UART hanya membutuhkan 1 kabel saja sebagai media transmisi data. Namun model UART ini memiliki kelemahan dalam hal kecepatan dan jarak transmisinya. Semakin cepat data dikirimkan membuat paket data yang dikirimkan akan mengalami distorsi sehingga data yang dikirimkan dari sumber dan data yang diterima oleh receiver akan berbeda (*error*). Demikian juga saat data ditransmisikan terlalu jauh maka semakin besar data terkena *noise* yang menyebabkan data yang diterima akan berbeda dengan data dari sumber.

Metode *Asynchronous* (UART) memungkinkan transmisi mengirim data tanpa pengirim harus mengirimkan sinyal detak ke penerima. Namun pengirim dan penerima harus mengatur waktu di awal dan bit khusus ditambahkan untuk setiap data. Cara kerja Metode *Asynchronous* (UART) yaitu pada saat data diberikan kepada UART untuk ditransmisikan, maka "Bit pariti" ditambahkan pada setiap awal data yang akan dikirim. Bit pariti berfungsi sebagai isyarat ke penerima yang artinya akan segera dikirimkan data, hal ini akan menyebabkan bit-bit sinyal di receiver akan sinkron dengan bit-bit sinyal dipancarkan. Setelah Bit Start, bit individu dari data yang dikirim, dengan sinyal bit pertama yang dikirim. Setiap bit dalam transmisi ditransmisikan serupa dengan jumlah bit lainnya, dan penerima

mendeteksi jalur disekitar pertengahan periode setiap bit untuk menentukan apakah bit adalah 1 atau 0. Sehingga apabila dibutuhkan dua detik untuk mengirim setiap bit, penerima akan memeriksa sinyal untuk menentukan apakah itu adalah 1 atau 0 setelah satu detik telah berlalu, maka akan menunggu dua detik dan kemudian memeriksa nilai bit berikutnya, dan seterusnya.

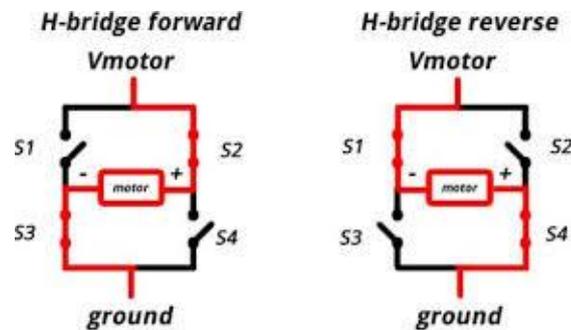


Gambar 2.18 Metode UART

2.2.10 Driver Motor L298

Driver motor LM 298 merupakan driver motor yang berguna untuk mengendalikan motor yang ada pada robot baik mengendalikan kecepatan putar motor, juga dapat mengendalikan arah putaran motor. Driver motor LM 298 ini merupakan modul rangkaian yang dibangun dengan basis IC *H-bridge* L298. IC ini mampu mengendalikan 2 buah motor sekaligus dan mampu beroperasi pada arus beban yang lumayan tinggi mencapai 2 A. Tegangan operasi dari module Driver motor L298 ini sebesar 6V-46V. dalam rangkain module driver L298 telah terintegrasi rangkain *H-bridge*. Dimana rangkain *H-bridge* secara konsep menggunakan empat buah saklar yang disusun secara khusus sehingga dapat menngubah polaritas arus yang masuk kemotor. Seperti yang telah diketahui sebelumnya bahwa sebuah motor DC bertipe *brushed* dapat diubah arah putarannya dengan cara merubah polaritas arus yang mesuk kekumparan. Dengan menggunakan rangkain *H-bridge* hal ini dapat dilakukan dengan mudah yaitu dengan mengaktifkan saklar tertentu sehingga polaritas arus ke motor dapat

dikendalikan sesuai dengan keinginan. Berikut merupakan gambar sederhana dari rangkain *H-bridge* dengan menggunakan saklar



Gambar 2.19 Rangkain *H-bridge* Sederhana

Dari gambar 2.19 diatas dapat di amati bahwa arah putaran motor dapat dikendalikan menggunakan 4 buah saklar yang dirangkai menyeruapai huruf H. Hal ini juga yang mendasari rangkain 2.19 diatas, selanjtnya lebih dikenal dengan rangkaian *H-bridge*. Prinsip kerja dari rangkain diatas adalah pada saat saklar 2 dan saklar 3 dihubungkan maka arus akan mengalir dari V_{cc} ke kutup + motor selanjutnya menuju Gnd, dengan demikian motor akan berputar *Cw* (*clockwise*) searah jarum jam. Namun pada saat kondisi dimana saklar 1 dan saklar 4 dihubungkan dan saklar lain off, maka arus akan mengalir kearah sebaliknya yaitu dari V_{cc} menuju kutup – motor dan akhirnya ke Gnd. Hal ini akan menyebabkan motor mendapatkan arus yang berkebalikan sehingga motor akan berputar kearah sebaliknya yaitu *CCW* (*Clock Counter Wise*) melawan arah jarum jam. namun saat semua saklar berada pada 1 kondisi misalkan saklar 1 sampai dengan 4 dalam keadaan terputus maka motor akan mati kare tidak ada arus yang mengalir, demikian juga saat saklar 1 samapai dengan 4 dalam keadaan yang terhubung semua maka motor juga akan berada dalam keadaan mati karena arus akan langsung menuju Gnd tanpa melalui motor. Hal ini tidak direkomendasikan karena dapat menyebabkan panas yang berlebih pada rangkaian.

Semakin berkembangnya pengetahuan dan diawali dengan di temukannya bahan semikonduktor maka prinsip dari rangkain *H-bridge*

diadopsi dan diintergrasikan dalam sebuah chip IC dimana saklar-saklar yang sebelumnya digunakan untuk mengendalikan arah arus ini digantikan dengan menggunakan transistor. Dengan mengontrol kaki basis transistor hingga komponen ini mencapai keadaan jenuh, maka akan menyebabkan hambatan antara kaki kolektor dan emitor akan sangat kecil. Sehingga seolah-olah transistor akan mengalami hubungan singkat (menyambung). Fenomena inilah yang selanjutnya dimanfaatkan untuk menggantikan sistem kerja dari saklar” (Muharam Dkk.,).

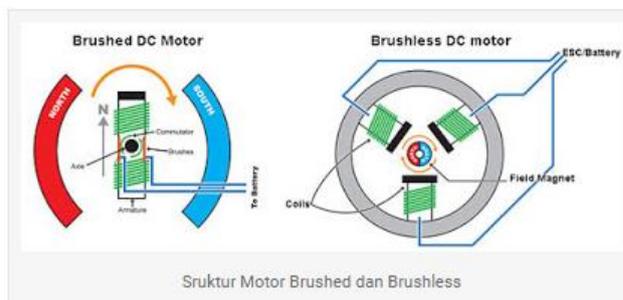
IC L298 telah terintegrasi atas beberapa transistor yang disusun secara *H-bridge*. Hal ini sangat memudahkan dalam mengendalikan sebuah motor. IC L298 juga dilengkapi 2 channel artinya Modul L298 ini dapat mengendalikan dua buah motor sekaligus. Dalam rangkaian module L298 terdapat 2 buah diode yang terletak dimasing-masing motor, hal ini bertujuan agar tidak terjadi arus balik dari motor DC menuju ke IC. Module L298 dilengkapi dengan beberapa Pin yang digunakan untuk mengontrol motor diantaranya adalah: ENA, In1, In2, In3, In4, ENB. IC ini berfungsi untuk men-drive induksi beban seperti relai, motor stepper, solenoid, dan motor DC..

2.2.11 Sistem Gerak (*Brushed Motor DC*)

Motor listrik DC merupakan salah satu *actuator* penggerak robot yang dapat merubah energy listrik menjadi energy mekanik. Pada motor listrik DC terdapat 2 buah bagian utama yaitu kumparan medan yang disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Sebuah motor DC disupply tegangan dari battery menuju kekumparan jangkar melalui sebuah sikat. Energy listrik ini akan diubah menjadi medan magnet, perubahan energy dari listrik menjadi magnet ini sering disebut dengan elektromagnet. selanjutnya berdasarkan dari hukum kemagnetan dimana kutup-kutup yang bermuatan sama akan saling tolak menolak, sedangkan ketika kutup-

kutub memiliki muatan yang berbeda akan saling tarik-menarik. Kekuatan kutub sebuah magnet akan sama besarnya, namun semakin ketengah kekuatan medan magnetnya akan berkurang. Berdasarkan dari prinsip kemagnetan ini medan magnet yang dihasilkan dari konversi energy listrik dimanfaatkan untuk memperoleh suatu gerakan berputar pada sebuah poros.

Motor DC secara umum dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu *brushed* DC motor dan *Brushless* DC motor (BLDC) (Zulkarnain Amarullah, 2015). Perbedaan mendasar pada kedua jenis motor DC ini terletak pada bagian strukturnya pada motor *brushed*, biasanya hanya terdapat satu buah coil dan hanya memakai dua buah kabel yaitu (+) dan (-) . Coil ini terletak pada bagian tengah yang berfungsi sebagai rotor (bagian yang berputar), dan memiliki magnet permanen pada stator (bagian yang tidak berputar). Pada motor *brushed* DC terdapat bagian komutator (sikat) untuk meberikan beda muatan pada kumpran jangkar sehingga dapat menghasilkan medan elektro magnet. Sedangkan untuk motor *brushless* memiliki lebih dari satu coil biasanya terdapat tiga buah gulungan-stator yang dihubungkan secara bintang terdiri dari 3 buah kabel. Lain halnya dengan motor *brushed*, pada motor *brushless* bagian coil ini berfungsi sebagai stator (bagian yang diam). Sedangkan pada bagian rotor terdiri dari magnet tetap yang terdiri dari dua hingga delapan kutub magnet (utara dan selatan) permanen magnet diletakkan di bagian tengah bagian permanen magnet ini yang berfungsi sebagai rotor (bagaian yang berputar). Pada motor *brushless* DC mempunyai permanenmagnet yang berputar dengan tetap pada sumbu motor, dengan menggunakan rotor berupa magnet, maka motor *brushless* tidak lagi membutuhkan komutator untuk menghasilkan medan elektro magnet.

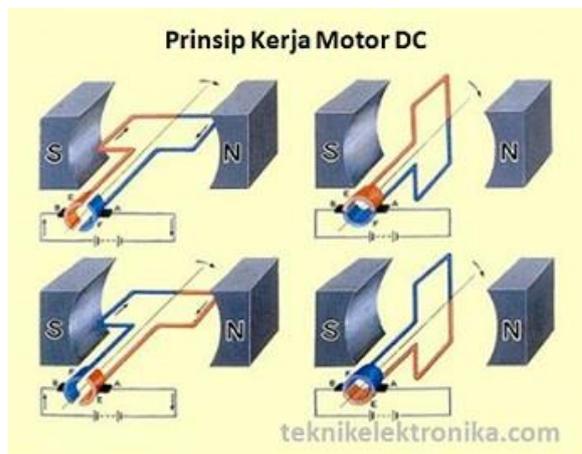


Gambar 2.20 Struktur motor *Brushed* dan *Brushless*

Pada robot yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan motor DC berjenis *Brushed* motor DC. *Brushed* motor dipilih sebagai *actuator* utama penggerak robot ini karena motor jenis *brushed* jauh lebih mudah dikendalikan bila dibandingkan dengan motor jenis *brushless* baik dari segi kecepatan putar, maupun arah putarannya. Seperti namanya, Motor DC *brushed* menggunakan sumber listrik arus searah (DC) untuk beroperasi. Motor DC jenis *brushed* hanya memiliki satu buah coil (kumparan) yang terdiri dari buah kabel yang bermuatan positif (+) dan kabel bermuatan negative (-). Apabila arus masuk pada kumparan motor, maka arus yang masuk ini selanjutnya akan dirubah menjadi *electromagnet*. Sehingga dalam kumparan akan timbul medan magnet yang memiliki kutup utara dan selatan. Energy magnet yang timbul ini selanjutnya digunakan untuk menghasilkan energy mekanik berupa putaran.

Prinsip kerja motor listrik DC memanfaatkan sifat elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan kekumparan, maka pada bagian armature akan timbul medan magnet permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menjauhi magnet permanen yang memiliki kutup utara, dan akan tertarik oleh permanen magnet berkutub selatan. Sedangkan kumparan yang berpolaritas selatan maka akan bergerak menjauhi magnet berkutub selatan dan akan mendekati magnet permanen yang berkutub utara. Selanjutnya ketika kumparan utara tertarik oleh magnet berkutub selatan, dan kumparan selatan tertarik oleh magnet berkutub utara, maka poros akan berhenti berputar.

Selanjutnya untuk menjadikan motor DC berputar secara terus menerus, tepat pada saat kutub kumparan berhadapan dengan kutub magnet, arah arus pada kumparan dibalik sehingga mengakibatkan perubahan pada setiap kutub kumparannya, kutub utara kumparan akan berubah menjadi kutub selatan dan kutub selatannya akan berubah menjadi kutub utara. Dengan demikian maka kumparan ber kutub selatan ditarik oleh magnet permanen ber kutub utara dan kutub kumparan utara akan ditarik oleh magnet permanen ber kutub selatan, siklus seperti ini kan terus berlangsung selama kumparan masih di alliri oleh arus listrik. Sehingga akan menyebabkan pergerakan pada motor yang seolah-olah akan berputar secara terus-menerus. Fenomena tolak menolak dan tarik menarik ini terjadi akibat hukum kemagnetan dimana magnet dengan kutub senama akan saling tolak-menolak, sedangkan magnet yang memiliki kutub berlawanan akan saling tarik menarik.



Gambar 2.21 Prinsip Kerja Motor DC