

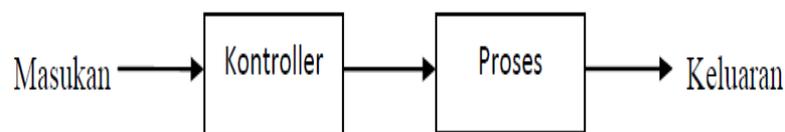
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Kendali

Sistem kontrol proses terdiri atas sekumpulan piranti-piranti dan peralatan peralatan elektronik yang mampu menangani kestabilan, akurasi, dan mengeliminasi transisi status yang berbahaya dalam proses produksi. Masing - masing komponen dalam sistem kontrol proses tersebut memegang peranan pentingnya masing-masing, tidak peduli ukurannya. Misalnya saja, jika sensor tidak ada atau rusak atau tidak bekerja, maka sistem kontrol proses tidak akan tahu apa yang terjadi dalam proses yang sedang berjalan. (Ogata, 1995.).

2.1.1 Sistem Kendali *Loop* Terbuka (*Open Loop*)

Sistem kontrol lup terbuka adalah sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan. Jadi pada sistem kontrol lup terbuka, keluaran tidak diukur atau diumpun-balikan untuk dibandingkan dengan masukan. Gambar 2.1 menunjukkan hubungan masukan keluaran untuk sistem kontrol lup terbuka. Pada setiap sistem kontrol lup terbuka keluaran tidak dibandingkan dengan masukan acuan. Sehingga, untuk setiap masukan acuan, terdapat suatu kondisi operasi yang tetap.



Gambar 2.1 Sistem Kontrol *Loop* Terbuka

Sumber: Elizer, Giovanni. 2013. “*Control System Theory*”. (online).

<http://www.geyosoft.com/2013/perbedaan-sistem-pengaturan-loop-terbuka-dan-tertutup>.

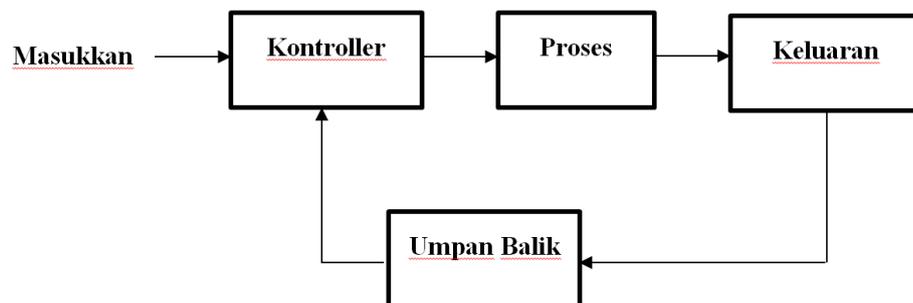
Dengan adanya gangguan, sistem kontrol lup terbuka tidak dapat bekerja seperti yang diinginkan. Kontrol lup terbuka dapat digunakan dalam praktek hanya jika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui dan jika tidak



terdapat gangguan internal maupun eksternal. Sebagai contoh, pengontrolan lalu-lintas dengan sinyal yang dioperasikan pada basis waktu adalah contoh lain dari *control* lup terbuka. (Ogata, 1995)

2.1.2. Sistem Kendali *Loop* Tertutup (*Close Loop*)

Sistem *control* lup tertutup adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Jadi, sistem *control* lup tertutup adalah sistem kontrol ber-umpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik (yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran dan turunannya), diumpangkan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain. Istilah “lup tertutup” berarti menggunakan aksi umpan-balik untuk memperkecil kesalahan sistem. (Ogata, 1995). Sistem kontrol *loop* tertutup dapat dilihat seperti gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Sistem Kontrol *Loop* Tertutup

Sumber: Elizer, Giovanni. 2013. “*Control System Theory*”. (online).

<http://www.geyosoft.com/2013/perbedaan-sistem-pengaturan-loop-terbuka-dan-tertutup>.

Sistem kendali digunakan pada robot *boat* pengintai sebagai pengendali pergerakan *propeler* (baling-baling) kapal dan kamera pengintai terhadap objek (musuh).



2.2 Robot

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan). Istilah robot berawal bahasa Cheko “*robota*” yang berarti pekerja atau kuli yang tidak mengenal lelah atau bosan. Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor. (Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Robot>)

2.2.1 Sejarah Robot

Teknologi robotika berkembang pesat seiring meningkatnya kebutuhan robot cerdas. Kata robot sudah tidak asing lagi di telinga kita. Kata robot berasal dari bahasa Czezh, *robota* yang berarti ‘bekerja’. Awal kemunculan robot dapat ditelusuri dari bangsa Yunani kuno membuat patung yang dapat dipindah-pindahkan. Sekitar 270 BC, seorang insinyur Yunani membuat organ dari jam air dengan komponen yang akan dipindahkan.

Pada tahun 1770, Pierre Jaquet Droz seorang pembuat jam berkebangsaan Swis membuat 3 boneka mekanis. Uniknya, boneka tersebut dapat melakukan fungsi spesifik, yaitu menulis. Boneka yang lain dapat memainkan musik dan menggambar. Pada tahun 1898, Nikola Tesla membuat sebuah *boat* yang dikontrol melalui radio *remote control*. Boat ini didemokan di Madison Square Garden. Namun, usaha untuk membuat *autonomus boat* tersebut gagal karena masalah dana. (Budi, 2014).

Pada tahun 1976, Jepang mengimpor robot *Verstran* dari AMF. Awal kejayaan robot berawal pada tahun 1970, ketika professor Victor Scheinman dari universitas Stanford mendesain lengan standar. Saat ini konfigurasi kinematikanya dikenal sebagai standar lengan robot. Terakhir, pada tahun 2000. Honda memamerkan robot yang dibangun bertahun-tahun lamanya bernama ASIMO, serta disusul oleh Sony dengan robot anjing AIBO



2.2.2 Tipe Robot

Robot didesain dan dibuat sesuai kebutuhan pengguna. Hingga saat ini secara umum, robot dapat dibagi menjadi.

1. Robot *manipulator*
2. *Mobile robot*:
 - a. *Ground robot*
 - Robot beroda
 - Robot berkaki
 - b. Robot *submarine*
 - c. Robot *aerial*

Robot manipulator bercirikan memiliki lengan (*arm robot*). Sedangkan *mobile robot* adalah robot yang bergerak. Meskipun pada bagian *mobile robot* tersebut terdapat manipulator.

Seiring perkembangan teknologi robot, muncul robot humanoid yang beroda atau berkaki. Robot humanoid adalah robot dengan tampilan menyerupai tubuh manusia. Robot ini mampu berinteraksi secara social. Robot humanoid memiliki tingkat kesulitan lebih tinggi dibandingkan robot lainnya.

2.2.3 Karakteristik Robot

Pada umumnya sebuah robot harus memiliki karakteristik:

- **Sensing**, robot dapat mendeteksi lingkungan disekitarnya (halangan, panas, suara dan *images*).
 - **Mampu bergerak**, robot umumnya bergerak menggunakan kaki atau roda. Pada beberapa kasus, robot diharapkan dapat terbang atau berenang
 - **Cerdas**, robot memiliki kecerdasan buatan supaya dapat memutuskan aksi yang tepat dan akurat.
 - **Membutuhkan energi** yang memadai supaya unit pengontrol dan *actuator* dapat menjalankan fungsinya dengan baik.
-



2.2.4 Robot Pengintai

Pengintai adalah melakukan sesuatu pengamatan suatu objek yang dituju dengan cara diam-diam. Robot pengintai adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, seperti merekam gambar, dan suara secara langsung dari kamera yang ada pada robot, baik menggunakan pengawasan dan *control* manusia ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu.

Robot biasanya digunakan untuk tugas berat, berbahaya, pekerjaan berulang dan kotor. Kebanyakan robot digunakan dalam bidang industri, sebagai contoh untuk pembersihan limbah beracun, penjelajahan air dan ruang angkasa. Tapi seiring dengan perkembangan, Robot sudah mulai masuk dalam bidang hiburan, bidang pendidikan, alat pembantu rumah tangga, dan bidang militer seperti robot pengintai militer yang membantu untuk memantau musuh.

Pengontrolan dan pengintaian jarak jauh tidak dapat menggunakan sistem pengkabelan, karena akan memerlukan banyak kabel. Oleh karenanya digunakan *system wireless* (tanpa kabel). Salah satu perangkat *wireless* yang digunakan dalam pengontrolan dan pengintaian adalah Xbee.

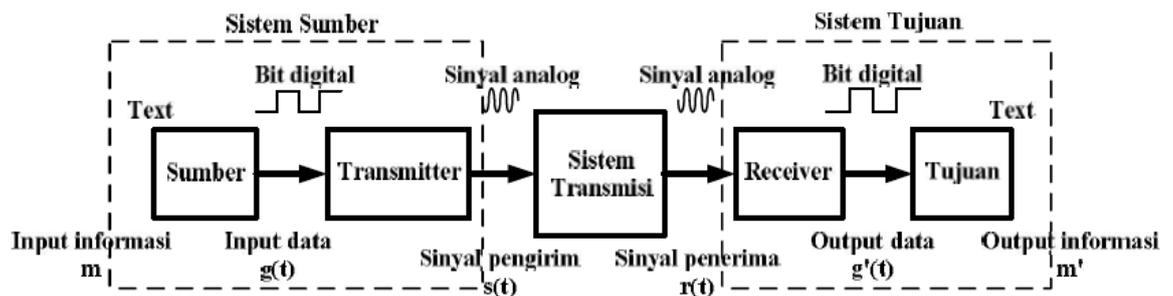
2.3 Komunikasi Data

Komunikasi data adalah transmisi atau pemindahan data dan informasi yang disajikan oleh isyarat digital diantara komputer dan piranti elektronika yang lain dalam bentuk digital yang dikirimkan melalui media komunikasi data dalam berbagai jenis dan bentuk. Komunikasi data tanpa disadari telah menjadi bagian penting dalam kehidupan masyarakat ditandai dengan tingginya ketergantungan masyarakat terhadap perangkat elektronik untuk komunikasi data, *voice* dan video. Fungsi antara *data processing* (komputer) dan komunikasi data (perangkat transmisi dan pengalihan) semakin kabur, termasuk perbedaan antara jaringan lokal, metropolitan dan internet.



2.3.1 Cara Kerja Komunikasi Data

Komputer melaksanakan tugasnya berdasarkan program dan data yang diolahnya. Data adalah sebuah informasi, sedangkan program berfungsi untuk mengolah data yang tersimpan di dalam RAM dan *harddisk* pada komputer, menjadi sesuatu yang diinginkan dan dimengerti oleh manusia. *American Standard Code for Information Interchange (ASCII)* merupakan kode yang dipakai pada komputer. Tabel ASCII terdiri dari 256 karakter dari 0 desimal sampai 255 desimal. Misalnya, karakter A memiliki kode *decimal* 65 atau dalam kode binernya 01000001. Jika di layar monitor tampil karakter A, komputer hanya mengetahui bahwa ada data biner 01000001 yang terdiri atas 8 bit. Setelah komputer menerima semua bit, program akan menerjemahkan data 01000001 tadi sesuai dengan kode ASCII, yaitu karakter A.



Gambar 2.3 Blok Diagram Model Komunikasi Data

Sumber : Kabanga, Darius.2011. Implementasi Komunikasi Data Master Dan Slave Menggunakan Protokol Zigbee Pada Sistem Pemantau. Tugas Akhir. ITB.

Gambar 2.3 menjelaskan tentang informasi yang akan ditukar adalah sebuah pesan yang berlabel m . Informasi ini diwakili sebagai data g dan secara umum ditujukan ke sebuah *transmitter* dalam bentuk sinyal yang berubah terhadap waktu. Sinyal $g(t)$ ditransmisikan, umumnya sinyal tidak akan dalam bentuk yang sesuai yang sesuai untuk transmisi dan harus diubah ke sinyal $s(t)$ yang sesuai dengan karakteristik medium transmisi. Sinyal tersebut kemudian ditransmisikan melalui medium tersebut. Pada akhirnya sinyal $r(t)$, yang mana mungkin berbeda dengan $s(t)$, diterima. Sinyal ini kemudian diubah oleh pesawat penerima ke dalam bentuk yang sesuai untuk *output*. Pengubahan sinyal $g(t)$ atau



data g adalah sebuah pendekatan atau perkiraan dari input. Akhirnya peralatan *output* akan menampilkan pesan perkiraan tersebut, m' , kepada perantara tujuan. Pada gambar 2.3 terdapat :

- a. Sistem sumber, merupakan komponen yang bertugas mengirimkan informasi, Tugas sistem sumber adalah membangkitkan data atau informasi dan menempatkannya pada media transmisi.
- b. *Transmitter*, berfungsi untuk mengubah informasi yang akan dikirim menjadi bentuk yang sesuai dengan media transmisi yang akan digunakan misalnya pulsa listrik, gelombang elektromagnetik, dan sebagainya.
- c. Sistem transmisi, merupakan jalur transmisi tunggal atau jaringan transmisi kompleks yang menghubungkan sistem sumber dengan sistem tujuan. Sistem transmisi ini bisa juga berupa kabel, gelombang elektromagnetik atau yang lain.
- d. Sistem tujuan, merupakan sistem yang sama dengan sistem sumber tetapi berfungsi untuk menerima sinyal dari sistem transmisi dan menggabungkannya ke dalam bentuk tertentu yang dapat ditangkap oleh sistem tujuan.
- e. Protokol yang berupa aturan atau tata cara yang telah disepakati bersama yang diikuti oleh sistem sumber dan tujuan serta transmisi agar terjadi komunikasi seperti yang diharapkan.

Menurut standar *American National Standards Institute* (ANSI) sistem komunikasi data dapat dibedakan ke dalam :

- a. *Simplex*, sinyal ditransmisikan dalam satu arah saja. Pihak yang satu bertindak sebagai pengirim dan yang lain sebagai penerima.
 - b. *Half Duplex*, kedua pihak dapat melakukan transmisi tetapi harus bergantian, ketika yang satu mengirim maka lawannya akan menerima dan sebaliknya.
 - c. *Full Duplex*, kedua pihak dapat melakukan transmisi secara simultan, dalam dua arah pada waktu yang sama.
-



2.3.2 Jaringan *Wireless*

Wireless network atau jaringan tanpa kabel adalah salah satu jenis jaringan berdasarkan media komunikasinya, yang memungkinkan perangkat-perangkat didalamnya seperti komputer, hp, dll bisa saling berkomunikasi secara *wireless*/tanpa kabel. *Wireless network* umumnya diimplementasikan menggunakan komunikasi radio. Implementasi ini berada pada level lapisan fisik (*physical layer*) dari OSI model.

2.3.3 Tipe-tipe *Wireless Network*

2.3.3.1 *Wireless PAN (WPAN)*

Wireless Personal Area Network (WPAN) adalah jaringan *wireless* dengan jangkauan area yang kecil..*Personal Area Network (PAN)* digunakan untuk komunikasi antara komputer perangkat (termasuk telepon dan asisten pribadi digital) dekat dari satu orang. Perangkat mungkin atau tidak milik orang tersebut. Jangkauan dari PAN biasanya beberapa meter. PAN dapat digunakan untuk komunikasi antara perangkat pribadi mereka sendiri (*intrapersonal* komunikasi), atau untuk menghubungkan ke tingkat yang lebih tinggi dan jaringan Internet. Umumnya, *personal area* jaringan *nirkabel* menggunakan beberapa teknologi yang memungkinkan komunikasi dalam waktu sekitar 10 meter – dengan kata lain, yang sangat jarak dekat. Contohnya *Bluetooth, Infrared, XBee* dan *ZigBee*. Ilustrasi *Wireless Personal Area* dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 *Wireless Personal Area*

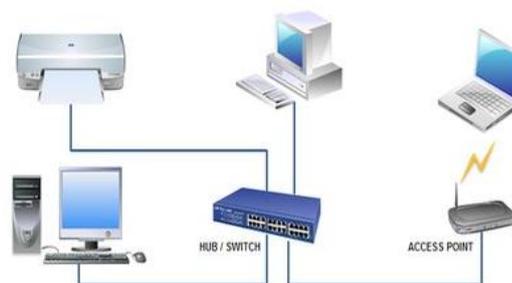
Sumber : Teknisi, Catatan. 2012. “Mengenal Jaringan Komputer”. (online).

<http://www.catatanteknisi.com/2012/05/jaringan-komputer-pan-lan-man-wan.html>



2.3.3.2 *Wireless LAN (WLAN) / Wifi*

Wireless Local Area Network (WLAN) atau biasa disebut Wifi memiliki jangkauan yang jauh lebih luas dibanding WPAN. Saat ini WLAN mengalami banyak peningkatan dari segi kecepatan dan luas cakupannya. Awalnya WLAN ditujukan untuk penggunaan perangkat jaringan lokal, namun saat ini lebih banyak digunakan untuk mengakses internet. *Wireless Local Area Network* ditunjukkan pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 *Wireless Local Area Network*

Sumber : Teknisi, Catatan. 2012. “*Mengenal Jaringan Computer*”. (online).

<http://www.catatanteknisi.com/2012/05/jaringan-komputer-pan-lan-man-wan.html>

2.3.3.3 *Wireless MAN (WMAN)*

Wireless Metropolitan Area Network (WMAN) adalah jaringan *wireless network* yang menghubungkan beberapa jaringan WLAN. Contoh teknologi WMAN adalah WiMAX.

2.3.3.4 *Wireless WAN (WWAN)*

Wireless Wide Area Network adalah jaringan *wireless* yang umumnya menjangkau area luas misalnya menghubungkan kantor pusat dan cabang antar provinsi.

2.3.3.5 *Cellular Network*

Cellular Network atau *Mobile Network* adalah jaringan radio terdistribusi yang melayani media komunikasi perangkat mobile seperti *handphone*, dll. Contoh sistem dari *Cellular Network* ini adalah GSM, PCS, dan D-AMPS.



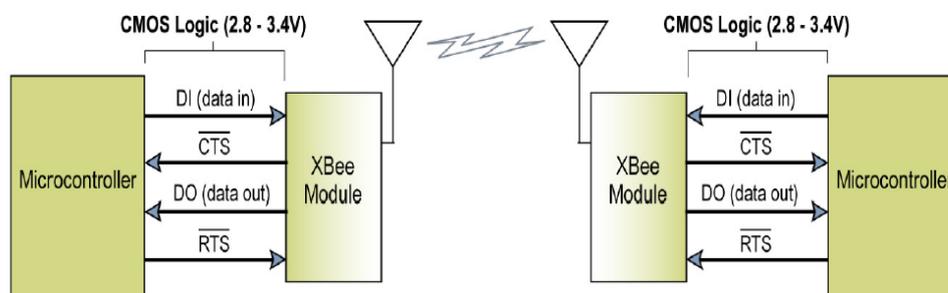
Media *wireless* yang digunakan pada pengendalian robot *boat* ini adalah Xbee, Xbee termasuk pada jaringan *wireless* tipe WPAN (*Wireless Personal Area Network*) karena memiliki daerah jangkauan yang kecil.

2.3.4 XBee

XBee adalah salah satu perangkat komunikasi data *wireless* yang bekerja dalam frekuensi 2,4 GHz yang menggunakan protokol standar IEEE 802.15.4. Kelebihan utama yang menjadikan XBee sebagai komunikasi *serial nirkabel* karena XBee memiliki konsumsi daya yang rendah yaitu hanya 3,3 V.

Penggunaan Xbee sudah cukup banyak seperti penggunaan Xbee yang digunakan untuk *monitoring* kelembaban dan temperatur (Hendrit,2011). Pada penelitian tersebut Xbee digunakan untuk komunikasi data antara mikrokontroler dengan *Personal Computer* (PC). Sedangkan pada aplikasi robot *boat* pengintai Xbee digunakan untuk komunikasi data antar pengendali pada PC dan Arduino.

Xbee dilengkapi dengan *Radio Frequency Transceiver* (RFT) atau pengirim dan penerima frekuensi. RFT ini berfungsi untuk komunikasi secara *full duplex*. *Duplex* adalah sebuah istilah dalam bidang telekomunikasi yang merujuk kepada komunikasi dua arah. Sedangkan *full duplex* adalah komunikasi antara kedua pihak yang akan mengirimkan informasi dan menerima informasi dalam waktu yang sama, dan umumnya membutuhkan dua jalur komunikasi. Ilustrasi prinsip kerja XBee ditunjukkan dalam Gambar 2.6 berikut ini.



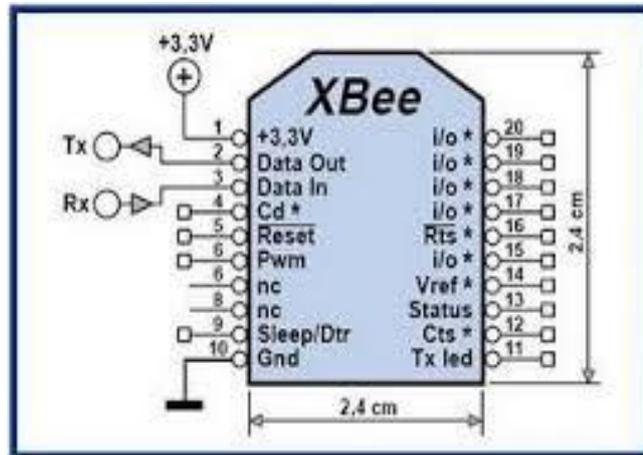
Gambar 2.6 Prinsip Kerja Xbee

Sumber: Muzakim, Allan. 2013. "*Telemetri dan Telekomtro*". (PDF).

<http://www.gendhiss.com/2011/07/xbee-prokuuuu.html>



Konfigurasi pin Xbee ditunjukkan pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Xbee S1

Sumber: Citraningtias, Ayu. 2011. “RF Module Tipe Xbee”. (online).
<http://www.techhelpblog.com/2012/12/05/xbee-s1-802-15-4-guide/>

2.3.5 Jenis Xbee

Xbee terbagi menjadi dua jenis yaitu Xbee *Series 1* dan Xbee *Series 2* (ZigBee).

2.3.5.1 Xbee Series 1

Xbee merupakan pemancar sekaligus penerima gelombang radio frekuensi yaitu frekuensi sebesar 2,4 GHz. Penggunaan Xbee pada alat ini menggunakan komunikasi serial RS232 yang dapat langsung digunakan pada USB bila menggunakan Xbee *Shield* atau konverter *USB to Serial*. Modul Xbee *Series 1* dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Xbee Series 1

Sumber: Citraningtias, Ayu. 2011. “RF Module Tipe Xbee”. (online).
<http://www.techhelpblog.com/2012/12/05/xbee-s1-802-15-4-guide/>



Pada alat ini, sistem menggunakan Xbee *Series 1* 1mW dengan kecepatan transmisi data *baudrate* serial 9600 dengan tipe komunikasi *Point to Point*. Artinya setiap *slave node* akan berkomunikasi hanya dengan *master node*. Xbee ini pula mampu menerima dan mengirimkan data dengan jarak 30 meter maksimum dalam ruangan dan 90 meter maksimum di luar ruangan.

2.3.5.2 Xbee Series 2 (ZigBee)

Xbee series 2 (2Mw) dapat digunakan untuk komunikasi *point to point*, topologi *star*, dan topologi *mesh* dengan jangkauan 40 meter *indoor* dan 120 meter *outdoor*. Xbee series 2 atau ZigBee hanya memiliki kecepatan komunikasi maksimal 250 kbps saja. ZigBee merupakan padanan kata *Zig* dan *Bee*. *Zig* berarti gerakan *zig-zag* dan *Bee* berarti lebah. Karena memiliki sifat komunikasi yang mirip dengan komunikasi diantara lebah yang melakukan gerakan-gerakan tidak menentu dalam menyampaikan informasi adanya madu ke lebah yang satu ke lebah yang lainnya. Maksud nya adalah ZigBee dapat melakukan komunikasi dengan 65000 perangkat ZigBee dalam waktu yang bersamaan dengan metode komunikasi *multihop ad-hoc* tanpa harus melakukan pengaturan apa pun pada modul *zigbee*. Jenis komunikasi dalam bentuk bintang (*star*) maupun pohon (*tree*) dapat dilakukan sesama modul *zigbee* tanpa memerlukan *base station* atau *access point*, sehingga dapat melakukan komunikasi secara acak (*mesh network*). Modul Xbee *Series 2* dapat dilihat pada gambar 2.9 Berikut ini.



Gambar 2.9 Modul Xbee *Series 2*

Sumber : Anonim. 2015. "Xbee 2mW Wire Antenna - Series 2". (online).
<https://www.sparkfun.com/products/10414>



2.4 Arduino

Arduino adalah perangkat elektronik atau papan rangkaian elektronik bersifat *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel.

Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau IC (*Integrated Circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* sesuai dengan yang diperintahkan.

Arduino memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan mikrokontroler lain, yaitu :

- Tidak perlu perangkat *downloader*, didalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer.
- Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna Laptop yang tidak memiliki *port serial* / RS232 bisa menggunakannya.
- Bahasa pemrograman *relative* mudah karena *software* Arduino dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap.
- Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bias ditancapkan pada *board* Arduino. Misalnya *shield* GPS, Ethernet, SD Card, dll.
- Lintas *platform*, *software* Arduino dapat dijalankan pada *system* operasi *Windows*, *Macintosh* OSX dan *Linux*, sementara *platform* lain umumnya terbatas hanya pada *Windows*.
- Sistem yang terbuka, baik dari sisi *hardware* maupun *software*-nya.

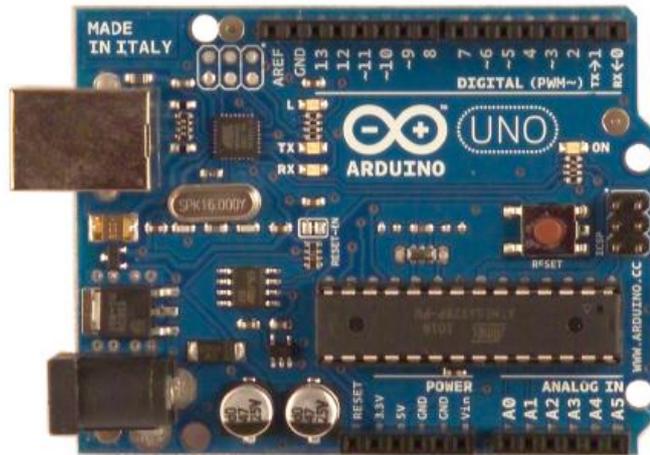
2.4.1 Jenis – Jenis Arduino

Saat ini ada bermacam-macam Arduino yang disesuaikan dengan fungsinya seperti berikut ini:



2.4.1.1 Arduino USB

Arduino jenis ini menggunakan *port* USB sebagai teknik antar muka pemrograman atau komunikasi komputer. Karena menggunakan *port* USB sebagai antar mukanya, jenis Arduino ini dapat digunakan secara *plug and play*. Arduino tipe USB ditunjukkan pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10 Board Arduino USB

Sumber: Sano, Adrian. 2012. "*Pengenalan Arduino*". (PDF).

http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/528/jbptunikompp-gdl-andriyanan-26373-4-unikom_a-i.pdf

Contoh:

1. Arduino Uno
 2. Arduino Duemilanove
 3. Arduino Leonardo
 4. Arduino Mega2560
 5. Arduino Intel Galile
 6. Arduino Pro Micro AT
 7. Arduino Nano R3
 8. Arduino mini Atmega
 9. Arduino Mega ADK
 10. Arduino Esplora
-



1. Arduino Uno

Uno Arduino adalah Arduino yang menggunakan ATmega328 sebagai mikrokontrolernya. Arduino uno memiliki 14 pin *input/output* digital dan 6 pin *input* analog, osilator kristal 16 MHz , koneksi USB dan tombol *reset*.

Arduino ini adalah jenis arduino yang paling banyak digunakan, terutama untuk pemula. Untuk pemograman cukup menggunakan koneksi USB *type A to To type B*. Sama seperti yang digunakan pada USB *printer*.

Modul Arduino Uno ditunjukkan pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11 Arduino Uno

Sumber: Sano, Adrian. 2012. "*Pengenalan Arduino*". (PDF).

http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/528/jbptunikompp-gdl-andriyanan-26373-4-unikom_a-i.pdf

Arduino Uno ke komputer dihubungkan dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang dihubungkan ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya.

Kabel USB arduino ditunjukkan oleh gambar 2.11 berikut ini.



Gambar 2.12 Kabel USB Arduino Uno

Sumber: Sano, Adrian. 2012. “*Pengenalan Arduino*”. (PDF).

http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/528/jbptunikompp-gdl-andriyanan-26373-4-unikom_a-i.pdf

Deskripsi Arduino UNO:

Tabel 2.1 Deskripsi Arduino Uno

<i>Mikrokontroller</i>	Atmega328
<i>Operasi Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i>	7-12 V (Rekomendasi)
<i>Input Voltage</i>	6-20 V (limits)
<i>I/O</i>	14 pin (6 pin untuk PWM)
<i>Arus</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32KB
<i>Bootloader</i>	SRAM 2 KB
<i>EEPROM</i>	1 KB
<i>Kecepatan</i>	16 Mhz

Sumber: Sano, Adrian. 2012. “*Pengenalan Arduino*”. (PDF).

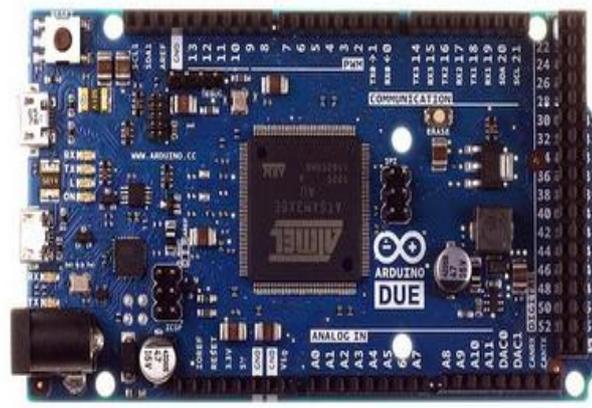
http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/528/jbptunikompp-gdl-andriyanan-26373-4-unikom_a-i.pdf

2. Arduino Due

Arduino Due adalah arduino yang menggunakan Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU sebagai mikrokontrolernya. Arduino due adalah Arduino pertama yang menggunakan mikrokontroler 32-bit ARM. Arduino ini memiliki 54 pin *input / output* digital (12 pin digunakan sebagai *output* PWM), 12 pin *input analog*, 4 pin UART (*hardware port serial*), 2 pin DAC (digital ke *analog*), *jack*



connector, *header SPI*, *header JTAG*, tombol *reset* dan tombol hapus. Tidak seperti Arduino lainnya, Arduino Due beroperasi pada tegangan 3.3V. Tegangan maksimum untuk pin I / O adalah sebesar 3.3V. Memberikan tegangan yang lebih tinggi, seperti 5V ke I / O pin dapat merusak arduino. Untuk pemrogramannya menggunakan *Micro USB*, terdapat pada beberapa *handphone*. Arduino Due dapat dilihat pada gambar 2.12 dibawah ini.



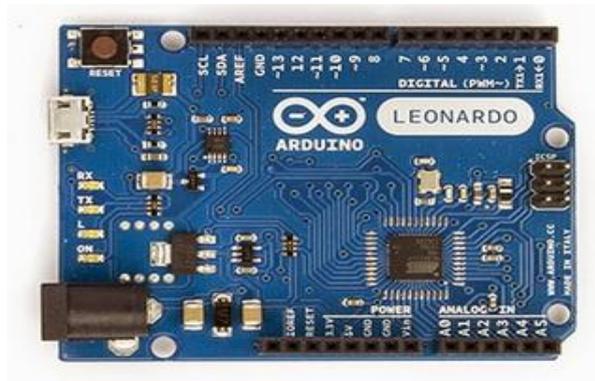
Gambar 2.13 Arduino Due

Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com

3. Arduino Leonardo

Arduino Leonardo adalah jenis arduino yang menggunakan ATmega32u sebagai mikrokontrolernya. Arduino ini memiliki 20 pin *input / output* (7 pin digunakan untuk output PWM dan 12 pin untuk input analog), osilator kristal 16 MHz, *USB connector*, *jack connector*, *header ICSP*, dan tombol reset. Arduino Leonardo menggunakan *micro USB* untuk pemrogramannya.

Arduino Leonardo ditunjukkan pada gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2.14 Arduino Leonardo

Sumber :Arduino. 2013. “ Arduino Leonardo”. (online).

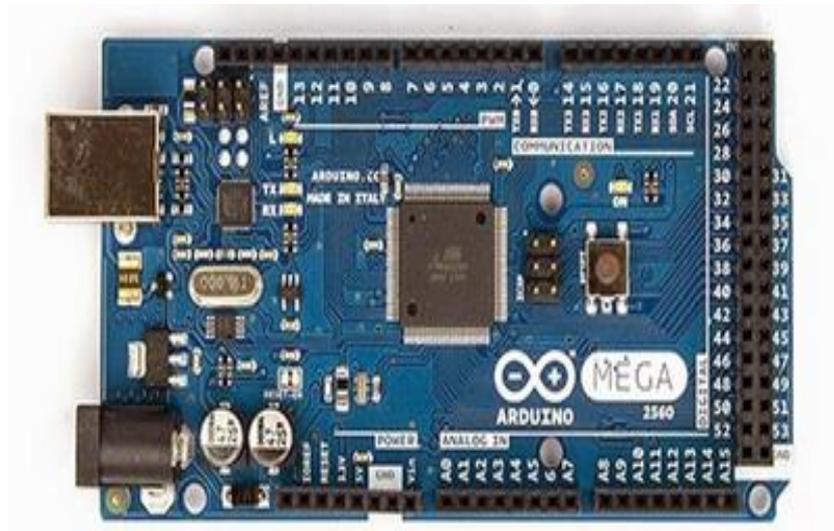
<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo>

4. Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 adalah jenis arduino yang menggunakan ATmega2560 sebagai mikrokontrolernya. Arduino Mega2560 memiliki 54 pin *digital input/output*, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau *power* dihubungkan dengan *adaptor* AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.

Secara fisik, ukuran Arduino Mega 2560 hampir kurang lebih 2 kali lebih besar dari Arduino Uno, ini untuk mengakomodasi lebih banyaknya pin *Digital* dan *Analog* pada Arduino Mega 2560 tersebut.

Arduino mega dapat ditunjukkan pada gambar 2.15 dibawah ini.



Gambar 2.15 Arduino Mega

Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com

5. Arduino Intel Galileo

Arduino Intel Galileo adalah sebuah *Single Board Processor* (SBP) yang menggunakan *processor Intel Quark SoC X1000* dengan 32-bit sistem Pentium kelas Intel pada sebuah *chip*. Arduino ini adalah arduino pertama berdasarkan arsitektur Intel® yang dirancang untuk menjadi *hardware* dan *software*. Terdiri dari 14 pin digital I/O, 6 pin *input* analog, *header* listrik, dan pin *port* UART. Galileo dirancang untuk mendukung modul - modul yang beroperasi di kedua tegangan 3.3V atau 5V. Tegangan operasi Galileo adalah 3,3V.

Arduino Galileo memiliki standar *port* I / O dan fitur untuk memperluas penggunaan asli dan kemampuan luar perlindungan Arduino meliputi *Slot mini-PCI Express*, *100Mb Ethernet*, *slot Micro-SD*, *RS-232 port serial*, *port host USB*, *port USB Client*, dan *8MByte NOR Flash*.

Arduino galileo ditunjukkan pada gambar 2.16 berikut ini.



Gambar 2.16 Arduino Galileo

Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com

6. Arduino Pro Mikro AT

Arduino Mikro adalah arduino yang menggunakan ATmega32u4 sebagai mikrokontrolernya. Arduino ini memiliki 20 pin *input / output digital* (7 pin dapat digunakan sebagai *output PWM* dan 12 pin sebagai *input analog*), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB mikro, *header ICSP*, dan tombol *reset*.

Arduino Pro Micro AT mirip dengan Arduino Leonardo yang sama-sama menggunakan ATmega32u4 sebagai mikrokontrolernya dengan USB sebagai pemrogramannya.

Arduino Pro Micro AT ditunjukkan oleh gambar 2.17 berikut ini.



Gambar 2.17 Arduino Pro *Micro* AT

Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com



7. Arduino Nano R3

Arduino Nano adalah arduino yang berukuran kecil dan sangat sederhana, menyimpan banyak fasilitas. Sudah dilengkapi dengan FTDI untuk pemrograman lewat *Micro USB*. 14 pin *I/O Digital*, dan 8 pin *input Analog* (lebih banyak dari Uno). Arduino ini menggunakan ATMEGA168, atau ATMEGA328 sebagai mikrokontrolernya. Arduino ini memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino ini bekerja dengan kabel USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh Gravitech. Arduino Nano R3 ditunjukkan oleh gambar 2.18 dibawah ini.

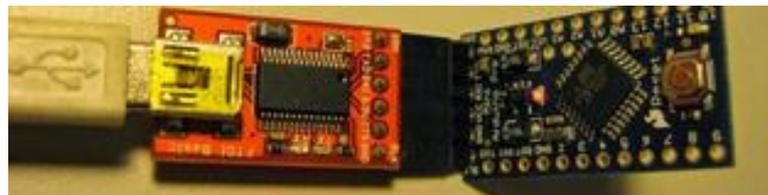


Gambar 2.18 Arduino nano R3

Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com

8. Arduino mini Atmega

Arduino Mini ditujukan untuk pengguna tingkat lanjut yang membutuhkan fleksibilitas, biaya rendah, dan ukuran kecil. Muncul dengan minimum komponen (tidak ada *on-board USB* atau pin *header*). Arduino ini dibuat dalam dua versi, yaitu satu beroperasi pada 5V, dan salah satu yang beroperasi pada tegangan 3.3V. Arduino mini ATmega ditunjukkan oleh gambar 2.19 dibawah ini.



Gambar 2.19 Arduino mini ATmega

Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com

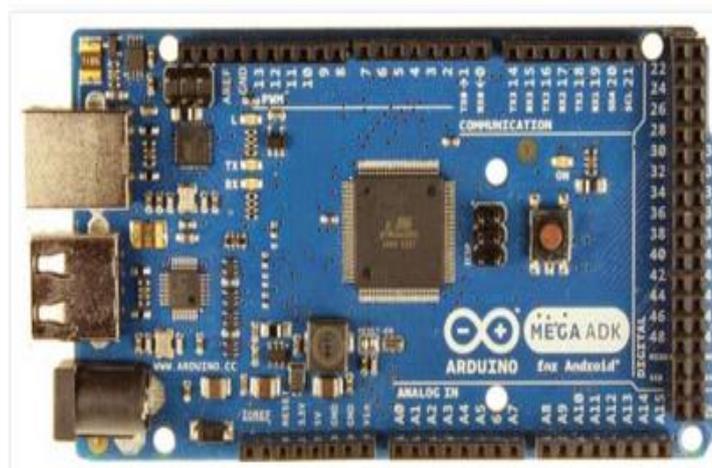


9. Arduino Mega ADK.

Arduino MEGA ADK adalah arduino yang menggunakan ATmega2560 sebagai mikrokontrolernya. ADK sendiri merupakan kepanjangan dari *Android Development Kit*. Arduino ADK/Seeduino ADK merupakan mikrokontroler yang dikhususkan untuk berkomunikasi dengan *smartphone android* via komunikasi USB. Mikrokontroler berfungsi sebagai induk dari *smartphone android* dengan berfungsi seolah-olah sebagai komputer. Arduino ini memiliki USB yang dapat terhubung dengan ponsel berbasis *android*. Arduino ini memiliki 54 buah pin *input / output digital* (15 pin digunakan sebagai *output PWM*), 16 pin *input analog*, 4 pin UART (*hardware port serial*), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol *reset*.

Arduino MEGA ADK ini memiliki sebuah ATmega8U2 yang diprogram sebagai konverter *USB-to-serial*.

Arduino Mega ADK ditunjukkan oleh gambar 2.20 dibawah ini.



Gambar 2.20 Arduino Mega ADK.

Sumber : Djuandi, Feri.2011. "*Pengenalan Arduino*". (pdf). www.tokobuku.com



10. Arduino Esplora

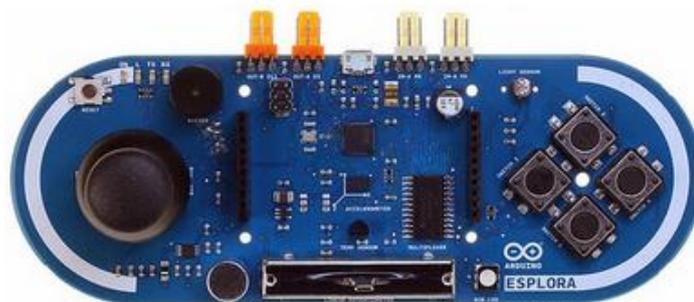
Arduino Esplora adalah pengembangan dari Arduino Leonardo. Esplora berbeda dari semua Arduino sebelumnya dalam hal ini menyediakan sejumlah modul yang siap digunakan seperti sensor. Arduino ini dirancang untuk pemula yang baru belajar tentang arduino tanpa harus belajar tentang elektronik dari pertama. Arduino Esplora memiliki beberapa sensor *input*, termasuk *joystick*, *slider*, sensor suhu, *accelerometer*, mikrofon, sensor cahaya dan soket untuk layar LCD warna TFT.

Seperti arduino Leonardo, arduino Esplora menggunakan mikrokontroler AVR Atmega32U4 dengan osilator kristal 16 MHz dan koneksi USB mikro yang dapat digunakan sebagai perangkat USB klien, seperti *mouse* atau *keyboard*. Di sudut kiri atas papan ada tombol *reset*, yang dapat digunakan untuk me-*restart* arduino.

Terdapat beberapa LED indikator pada Arduino Esplora:

- Led hijau (ON) menunjukkan apakah arduino menerima catu daya
- RX Dan TX (kuning) menunjukkan data yang dikirim atau diterima melalui komunikasi USB

Arduino esplora ditunjukkan oleh gambar 2.21 dibawah ini.



Gambar 2.21 Arduino Esplora

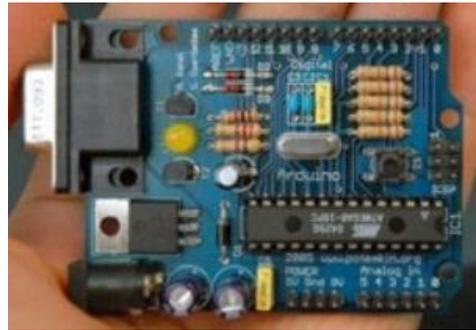
Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com



2.4.1.2 Arduino Tipe Serial

Arduino *Serial*, yaitu jenis mikrokontroler arduino yang menggunakan RS232 sebagai antar muka pemrograman atau komunikasi komputer.

Arduino tipe *serial* ditunjukkan oleh gambar 2.22 berikut ini.



Gambar 2.22 Arduino Tipe Serial

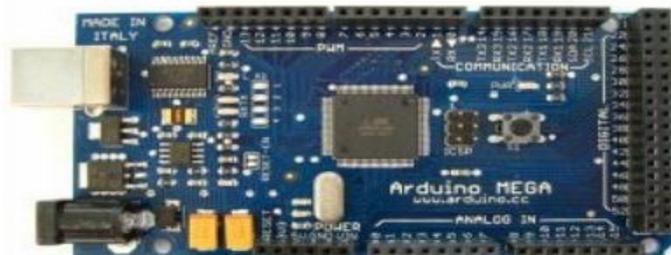
Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com

2.4.1.3 Arduino Mega

Arduino mega, yaitu mikrokontroler Arduino dengan spesifikasi yang lebih tinggi, dilengkapi tambahan pin digital, pin analog, *port* serial dan sebagainya. Arduino Mega berbasis ATmega1280 dengan 54 pin *input/output digital*. Contoh:

- Arduino Mega
- Arduino Mega 2560

Arduino mega ditunjukkan oleh gambar 2.23 dibawah ini.



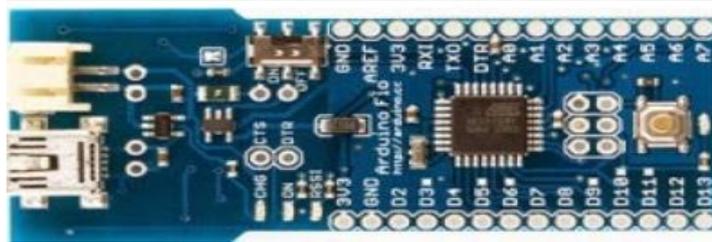
Gambar 2.23 Arduino Mega

Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com



2.4.1.4 Arduino Fio

Arduino FIO, yaitu mikrokontroler Arduino yang ditujukan untuk penggunaan nirkabel. Arduino Fio ini menggunakan ATmega328P sebagai basis kontrolernya. Arduino Fio ditunjukkan oleh gambar 2.24 dibawah ini.

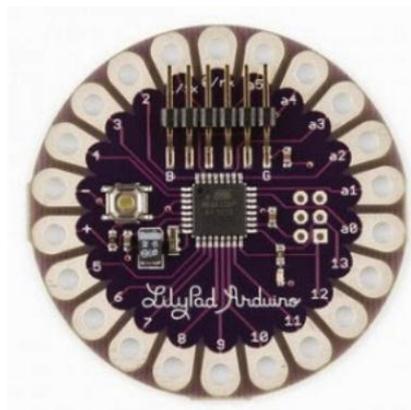


Gambar 2.24 Arduino Fio

Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com

2.4.1.5 Arduino Lylypad

Arduino Lilypad, yaitu mikrokontroler dengan bentuk yang melingkar. Memiliki 14 pin I/O *digital*, dan 6 pin *input analog*nya. Contoh: LilyPad Arduino 00, LilyPad Arduino 01, LilyPad Arduino 02, LilyPad Arduino 03, LilyPad Arduino 04. Arduino lylypad ditunjukkan pada gambar 2.25 dibawah ini.



Gambar 2.25 Arduino Lylypad

Sumber : Djuandi, Feri.2011. “*Pengenalan Arduino*”. (pdf). www.tokobuku.com



2.4.1.6 Arduino BT

Arduino jenis ini memiliki kelebihan tersendiri yang tidak dimiliki oleh Arduino jenis lain. Pada Arduino jenis ini telah terpasang modul *Bluetooth* untuk komunikasi *nirkabel* (*Wireless*). Arduino BT ditunjukkan oleh gambar 2.26 berikut ini.

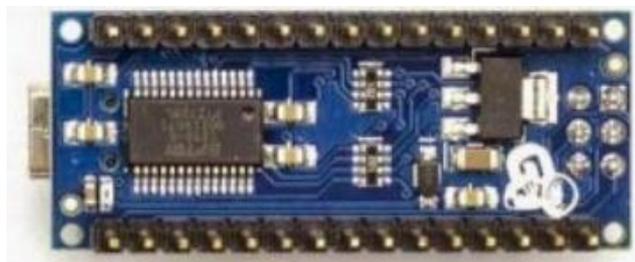


Gambar 2.26 Arduino BT

Sumber : Djuandi, Feri.2011. "*Pengenalan Arduino*". (pdf). www.tokobuku.com

2.4.1.7 Arduino Nano dan Mini

Arduino Nano merupakan jenis arduino yang memiliki bentuk paling simple dibandingkan dengan Arduino jenis lain. Arduino Nano memiliki bentuk *compact* dengan *port* USB sebagai antar muka dan media komunikasi dengan komputer. Contoh: Arduino Nano 3.0, Arduino Nano 2.x, Arduino Mini 04, Arduino Mini 03, Arduino Stamp 02.



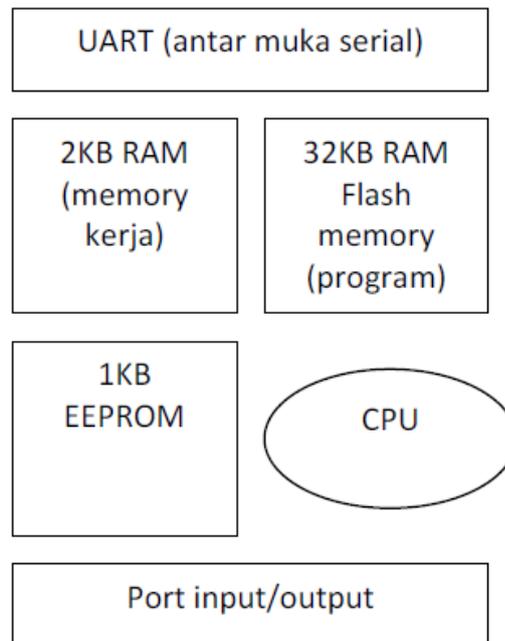
Gambar 2.27 Arduino Nano dan Mini

Sumber : Djuandi, Feri.2011. "*Pengenalan Arduino*". (pdf). www.tokobuku.com



Komponen utama di dalam Arduino adalah sebuah *microcontroller* 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560.

Untuk memberikan gambaran mengenai apa saja yang terdapat di dalam sebuah *microcontroller*, pada gambar 2.28 berikut ini diperlihatkan contoh diagram blok sederhana dari *microcontroller* ATmega328 (dipakai pada Arduino Uno).



Gambar 2.28 Diagram Blok Dari Mikrokontroler ATmega 328

Sumber : Djuandi, Feri.2011. "*Pengenalan Arduino*". (pdf). www.tokobuku.com

Blok-blok di atas dijelaskan sebagai berikut:

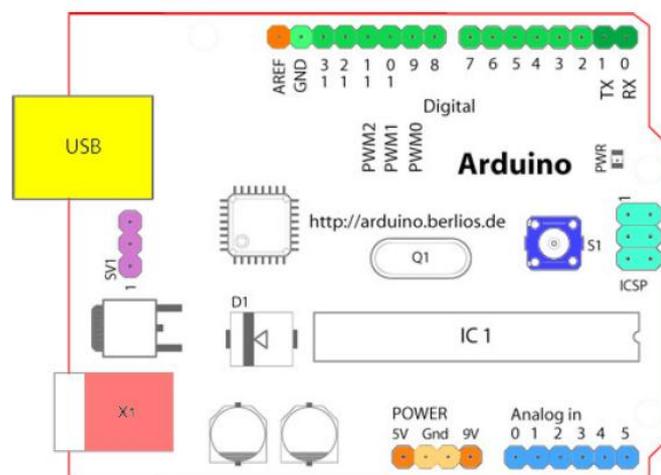
- *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART)* adalah teknik antar muka yang digunakan untuk komunikasi *serial* seperti pada RS-232, RS-422 dan RS-485.



- 2KB RAM pada memori kerja bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan), digunakan oleh variabel-variabel di dalam program.
- 32KB RAM *flash memory* bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer. Selain program, *flash memory* juga menyimpan *bootloader*. *Bootloader* adalah program inisiasi yang ukurannya kecil, dijalankan oleh CPU saat daya dihidupkan. Setelah *bootloader* selesai dijalankan, berikutnya program di dalam RAM akan dieksekusi.
- 1KB EEPROM bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan. Tidak digunakan pada papan Arduino.
- *Central Processing Unit (CPU)*, bagian dari *microcontroller* untuk menjalankan setiap instruksi dari program.
- *Port input/output*, pin-pin untuk menerima data (*input*) digital atau analog, dan mengeluarkan data (*output*) digital atau analog.

2.4.2 Bagian-Bagian Papan Arduino

Dengan mengambil contoh sebuah papan Arduino tipe USB, bagian-bagiannya dapat dijelaskan pada gambar 2.29 sebagai berikut.



Gambar 2.29 Bagian Pada Papan Arduino

Sumber : Djuandi, Feri.2011. "Pengenalan Arduino". (pdf). www.tokobuku.com



2.4.2.1 Pin *Input/Output* Digital (0-13)

Pin I/O digital berfungsi sebagai *input* atau *output*, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin *analog output* dimana tegangan *output*-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin *output* analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

2.4.2.2 USB

USB berfungsi untuk:

- Memuat program dari komputer ke dalam arduino
- Komunikasi serial antara papan dan komputer
- Memberi daya listrik kepada arduino

2.4.2.3 Sambungan SV1

Sambungan atau konektor untuk memilih sumber catu daya Arduino dari eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada Arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.

2.4.2.4 Q1 – Kristal (*Quartz Crystal Oscillator*)

Jika *microcontroller* dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantung-nya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada *microcontroller* agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

2.4.2.5 Tombol *reset* s1

Untuk me-*reset* papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol *reset* ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan *microcontroller*.



2.4.2.6 *In-Circuit Serial Programming (ICSP)*

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram *microcontroller* secara langsung, tanpa melalui *bootloader*. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

2.4.2.7 IC 1 – *Microcontroller Atmega*

Mikrokontroler Atmega ini merupakan komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

2.4.2.8 X1-Sumber Daya Eksternal

Jika ingin disuplai dengan sumber daya eksternal, arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.

2.4.2.9 Pin *Input Analog*

Pin *Input Analog* sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin *input* antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

Pada tugas akhir ini jenis arduino yang digunakan adalah arduino Leonardo. Berikut ini adalah spesifikasi dari arduino jenis Leonardo.

2.4.3 Spesifikasi Arduino Leonardo

Spesifikasi dari Arduino Leonardo dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Leonardo.

Mikrokontroler	ATmega32u4
Tegangan Operasi	5V
<i>Input Voltage</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
Digital I/O Pin	20 pin



<i>Channel PWM</i>	7 pin
<i>Input Analog</i>	12 pin
Arus DC per pin I/O	40 Ma
Arus DC untuk pin 3.3V	50 Ma
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega32u4) 4 KB digunakan <i>bootloader</i>
SRAM	2.5 KB (ATmega32u4)
EEPROM	1 KB (ATmega32u4)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

2.4.4 Memori

ATmega32u4 memiliki memori sebesar 32 KB (4 KB digunakan untuk *bootloader*). Juga memiliki 2,5 KB SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat *diread* dan *diwrite* dengan EEPROM).

2.4.5 Daya (*Power*)

Arduino Leonardo dapat diaktifkan melalui koneksi USB mikro atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya Eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2.1 mm dengan pusat-positif ke *jack power* pada papan. Sumber tegangan dari baterai dapat dihubungkan ke *header pin Gnd* dan *Vin pin* sebagai konektor sumber daya tegangan papan.

Papan Arduino Leonardo dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt. Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino Leonardo adalah sebagai berikut:



- VIN : adalah *input* tegangan untuk Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal. Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau dapat juga memberikan tegangan melalui *jack power*.
- 5V : Tegangan listrik *ter-regulator* yang digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya pada Arduino. Tegangan dapat menggunakan pin VIN melalui regulator *on-board*, atau dipasok oleh USB atau *power* suplai lain dengan besar tegangan 5V *ter-regulator*.
- 3V3 : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh *regulator* yang terdapat pada arduino (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- GND : Pin *Ground* atau Massa.
- IOREF : Pin ini pada Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler (atau VCC untuk papan). Pin ini bertegangan 5V pada Leonardo.

2.4.6 *Input dan Output*

20 pin I/O digital pada Leonardo dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Mereka beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum sebesar 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal sebesar 20-50 K Ω yang terputus secara *default*. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, yaitu:

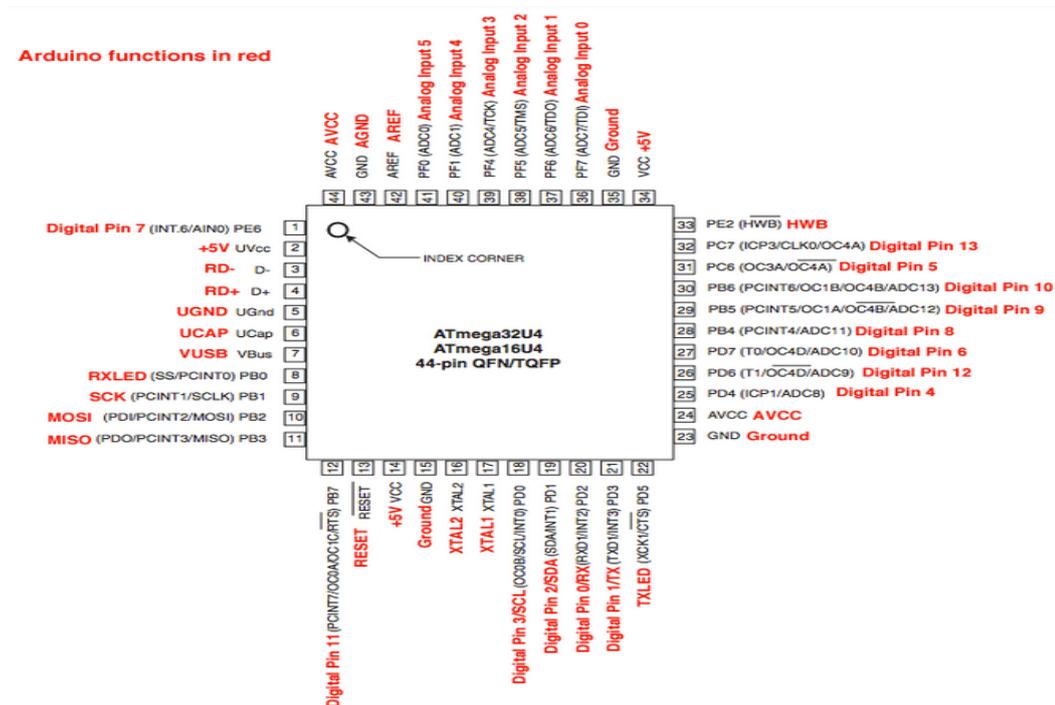
- Serial : Pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL menggunakan *hardware* ATmega32U4 yang memiliki kemampuan serial didalamnya. Perhatikan bahwa pada Leonardo, kelas Serial mengacu pada komunikasi USB (CDC); untuk TTL serial pada pin 0 dan 1, menggunakan kelas Serial 1.
- TWI : Pin 2 (SDA) dan pin 3 (SCL).
- Eksternal Interupsi : Pin 3 (*interrupt* 0), pin 2 (*interrupt* 1), pin 0 (*interrupt* 2), pin 1 (*interrupt* 3) dan pin 7 (*interrupt* 4). Pin ini dapat dikonfigurasi



untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau merubah nilai.

- PWM : Pin 3, 5, 6, 9, 10, 11, dan 13. Menyediakan 8-bit *output* PWM dengan fungsi *analogWrite()*.
- SPI : Pin pada *header* ICSP ini mendukung komunikasi SPI. Perhatikan bahwa pin SPI tidak terhubung ke salah satu pin I/O digital karena jika pengguna memiliki *shield* yang menggunakan SPI, tetapi tidak terdapat 6 pin konektor ICSP yang terhubung ke 6 pin ICSP *header* Leonardo, maka *shield* tidak akan bekerja.
- LED : Pin 13. Tersedia pada papan Arduino ATmega2560. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai *HIGH*, maka LED menyala (ON), dan ketika pin di *set* bernilai *LOW*, maka LED padam (OFF).
- *Input* Analog : Pin A0-A5, Pin A6 - A11 (pada pin digital 4, 6, 8, 9, 10, dan 12). Leonardo memiliki 12 *input* analog, berlabel A0 sampai A11, yang semuanya juga dapat digunakan sebagai digital I/O. Pin A0-A5 terdapat di lokasi yang sama seperti pada Arduino Uno; Pin *input* A6-A11 masing-masing ada pada digital I/O pin 4, 6, 8, 9, 10, dan 12. Masing-masing pin menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara *default* pin ini dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference()*.
- AREF : Referensi tegangan untuk *input* analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
- RESET : Digunakan untuk *me-reset* (menghidupkan ulang) mikrokontroler.

Berikut ini adalah gambar mengenai pemetaan pin-pin dari arduino Leonardo.



Gambar 2.30 Pemetaan Pin Atmega32u4 dan Pin Arduino Leonardo

Sumber : Djuandi, Feri.2011. "Pengenalan Arduino". (pdf). www.tokobuku.com

Tabel 2.3 Pemetaan Pin Atmega32u4 dan Pin Arduino Leonardo

No Pin	Pin Name	Mapped Pin Name
1	PE6 (INT.6/AIN0)	Digital pin 7
2	UVcc	+5V
3	D-	RD-
4	D+	RD+
5	UGnd	UGND
6	UCap	UCAP
7	VUSB	VBus
8	((SS/PCINT0) PB0)	RXLED
9	((PCINT1/SCLK) PB1)	SCK
10	((PDI/PCINT2/MOSI) PB2)	MOSI
11	((PDO/PCINT3/MISO) PB3)	MISO
12	((PCINT7/OCA0/OC1C/#RTS) PB7)	Digital pin 11 (PWM)



13	<i>RESET</i>	<i>RESET</i>
14	Vcc	+5V
15	GND	GND
16	XTAL2	XTAL2
17	XTAL1	XTAL1
18	(OC0B/SCL/INT0) PD0	Digital pin 3 (SCL)(PWM)
19	(SDA/INT1) PD1	Digital pin 2 (SDA)
20	(RX D1/AIN1/INT2) PD2	Digital pin 0 (RX)
21	(TXD1/INT3) PD3	Digital pin 1 (TX)
22	(XCK1/#CTS) PD5	TXLED
23	GND1	GND
24	AVCC	AVCC
25	(ICP1/ADC8) PD4	Digital pin 4
26	(T1/#OC4D/ADC9) PD6	Digital pin 12
27	(T0/OC4D/ADC10) PD7	Digital Pin 6 (PWM)
28	(ADC11/PCINT4) PB4	Digital pin 8
29	(PCINT5/OC1A/#OC4B/ADC12) PB5	Digital Pin 9 (PWM)
30	(PCINT6/OC1B/OC4B/ADC13) PB6	Digital Pin 10 (PWM)
31	(OC3A/#OC4A) PC6	Digital Pin 5 (PWM)
32	(ICP3/CLK0/C4A) PC7	Digital Pin 13 (PWM)
33	(#HWB) PE2	HWB
34	Vcc1	+5V
35	GND2	GND
36	(ADC7/TDI) PF7	Analog In 0
37	(ADC6/TDO) PF6	Analog In 1
38	(ADC5/TMS) PF5	Analog In 2
39	(ADC4/TCK) PF4	Analog In 3
40	(ADC1) PF1	Analog In 4
41	(ADC0) PF0	Analog In 5



42	AREF	AEF
43	GND3	GND
44	AVCC1	AVCC

Sumber : Djuandi, Feri.2011. "Pengenalan Arduino". (pdf). www.tokobuku.com

2.4.7 Komunikasi

Leonardo memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan Arduino lain, atau dengan mikrokontroler lainnya. ATmega32U4 mampu menyediakan komunikasi serial UART TTL (5V), yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). ATmega32U4 juga memungkinkan untuk komunikasi serial (CDC) melalui USB dan muncul sebagai *com port* virtual pada perangkat lunak komputer.

Chip ini juga bertindak sebagai perangkat USB 2.0 dengan kecepatan tinggi, serta menggunakan standar *driver* USB COM, tetapi untuk sistem operasi Windows masih tetap memerlukan *file* inf. Perangkat lunak Arduino termasuk didalamnya *serial* monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari Arduino.

LED RX dan TX yang tersedia pada papan akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui *chip USB-to-serial* yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak untuk komunikasi *serial* seperti pada pin 0 dan 1). Sebuah *Software Serial* memungkinkan komunikasi serial pada beberapa pin digital Leonardo. ATmega32U4 juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Leonardo muncul pada komputer sebagai *keyboard* dan *mouse* generik, dan dapat diprogram untuk mengontrol perangkat *input* menggunakan kelas/kelompok *Keyboard* dan *Mouse*.

2.4.8 Pemrograman

ATmega32U4 pada Arduino Leonardo sudah tersedia *preburned* dengan *bootloader* yang memungkinkan untuk meng-*upload* kode baru tanpa



menggunakan *hardware* pemrogram eksternal seperti *downloader*. Hal ini karena komunikasi yang terjadi menggunakan protokol AVR109.

2.4.9 Bahasa C Arduino

Arduino menggunakan pemrograman dengan bahasa C. Berikut ini adalah sedikit penjelasan singkat mengenai karakter bahasa C dan *software* arduino.

2.4.9.1 Struktur

Setiap program arduino (biasa disebut *sketch*) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada.

1. *Void setup(){}*

Semua kode didalam kurung kurawal akan dijalankan hanya satu kali ketika program arduino dijalankan untuk pertama kalinya.

2. *Void loop (){}*

Fungsi ini akan dijalankan setelah *setup* (fungsi void setup) selesai. Setelah dijalankan satu kali fungsi ini akan dijalankan lagi, dan lagi secara terus menerus sampai catu daya (*power*) dilepaskan.

2.4.9.2 Syntax

Berikut ini adalah elemen bahasa C yang dibutuhkan untuk format penulisan.

1. *//*(komentar satu baris)

Kadang diperlukan untuk memberikan catatan pada diri sendiri apa arti dari kode-kode yang dituliskan. Cukup menuliskan dua garis miring dan apapun yang diketikkan dibelakangnya akan berwarna hijau dan diabaikan oleh program.

2. */* */*(komentar banyak baris)

Jika punya banyak catatan, maka hal itu dapat dituliskan pada beberapa baris sebagai komentar. Semua hal yang terlatak diantara dua simbol tersebut akan diabaikan oleh program.

3. *{ }* (kurung kurawal)

Digunakan untuk mendefinisikan kapan blok program mulai berakhir (digunakan juga pada fungsi dan pengulangan).



4. ;(titik koma)

Setiap baris kode harus diakhiri dengan titik koma (jika titik koma yang hilang maka program tidak bisa dijalankan).

2.4.9.3 Variabel

Sebuah program secara garis besar dapat didefinisikan sebagai instruksi untuk memindahkan angka dengan cara yang cerdas. *Variable* inilah yang digunakan untuk memindahkannya.

1. int (*integer*)

Digunakan untuk menyimpan angka dalam 2 *byte* (16 bit). Tidak mempunyai angka desimal dan menyimpan nilai dari -32,768 dan 32,767.

2. long (*long*)

Digunakan ketika *integer* tidak mencukupi lagi. Memakai 4 *byte* (32 byte) dari memori (RAM) dan mempunyai rentang dari -2,147,483,683 dan 2,147,483,647.

3. Boolean (*Boolean*)

Variable sederhana yang digunakan untuk menyimpan nilai *TRUE* atau *FALSE*. Sangat berguna karena hanya menggunakan 1 bit dari RAM.

4. Float (*float*)

Digunakan untuk angka decimal (*floating point*). Memakai 4 *byte* (32 bit) dari RAM dan mempunyai rentang dari -3.4028235E+38 dan 3.4028235E+38.

5. Char (*character*)

Menyimpan 1 karakter menggunakan kode ASCII (misalnya 'A'= 65). Hanya memakai 1 *byte* (8 bit) dari RAM.

2.4.9.4 Operator Matematika

Operator yang digunakan untuk memanipulasi angka (bekerja seperti matematika yang sederhana).

1. =



Membuat sesuatu menjadi sama dengan nilai yang lain (misalnya: $x=10*2$, x sekarang sama dengan 20).

2. %

Menghasilkan sisa dari hasil pembagian suatu angka dengan angka yang lain (misalnya : 12% 10, ini akan menghasilkan angka 2)

3. +

Penjumlahan

4. -

Pengurangan

5. *

Perkalian

6. /

Pembagian

2.4.9.5 Operator Pembandingan

Digunakan untuk membandingkan nilai logika.

1. ==

Sama dengan (misalnya: $12==10$ adalah *FALSE* atau $12==12$ adalah *TRUE*)

2. !=

Tidak sama dengan (misalnya $12!=10$ adalah *TRUE* atau $12!=12$ adalah *FALSE*).

3. <

Lebih kecil dari (misalnya: $12 < 10$ adalah *FALSE* atau $12 < 12$ adalah *FALSE* atau $12 < 14$ adalah *TRUE*).

4. >

Lebih besar dari (misalnya: $12 > 10$ adalah *TRUE* atau $12 < 12$ adalah *FALSE* atau $12 < 14$ adalah *FALSE*).

2.4.9.6 Struktur Pengaturan

Program sangat tergantung pada pengaturan apa yang akan dijalankan berikutnya, berikut ini adalah elemen dasar pengaturan.

1. *if..else*, dengan format seperti berikut ini:



```
If (kondisi) { }
```

```
Else if (kondisi) { }
```

```
Else { }
```

Dengan struktur seperti diatas program akan menjalankan kode yang ada didalam kurung kurawal jika kondisi *TRUE*, dan jika *FALSE* maka akan diperiksa apakah kondisi pada *else if* dan jika kondisinya *FALSE* maka kode pada *else* yang akan dijalankan.

2. *for*, dengan format seperti berikut ini:

```
For (int I =0; I < #pengulangan;i++) { }
```

Digunakan bila ingin ,melakukan pengulangan kode didalam kurung kurawal beberapa kali, ganti #pengulangan dengan jumlah pengulangan yang diinginkan. Melakukan penghitungan ke atas dengan *i++* atau kebawah *i--*.

2.4.9.7 Digital

1. *pinMode (pin,mode)*

Digunakan untuk menetapkan mode dari suatu pin, pin adalah nomor pin yang akan digunakan dari 0-9 (pin analog 0-5 adalah 14-19). Mode yang bisa digunakan adalah Input atau output.

2. *DigitalWrite (pin,value)*

Ketika sebuah pin ditetapkan sebagai *output*, pin tersebut dapat dijadikan *high* (ditarik menjadi 5 volt) atau *low* (diturunkan menjadi *ground*).

2.4.9.8 Analog

1. *AnalogWrite (pin, value)*

Beberapa pin pada arduino mendukung PWM yaitu 3,5,6,9,10,11. Ini dapat merubah pin hidup (on) atau mati (off) dengan sangat cepat sehingga membuatnya dapat berfungsi layaknya keluaran analog. *Value* (nilai) pada format kode tersebut adalah antara 0 (0% *duty cycle* ~ 0V) dan 255 (1000% *duty cycle* ~ 5V).



2. *AnalogRead*(pin)

Ketika pin ditetapkan sebagai *input*, pengguna dapat membaca tegangan keluarannya. Keluarannya berupa angka antara 0 (untuk 0 volt) dan 1024 (untuk 5 volt)

2.4.10 *Reset (Software) Otomatis dan Inisiasi Bootloader*

Arduino Leonardo didesain dengan cara yang memungkinkan untuk me-reset melalui perangkat lunak pada komputer yang terhubung. *Reset* dipicu ketika *virtual (CDC) port serial/COM* Leonardo dibuka pada 1200 baud dan kemudian ditutup. Ketika ini terjadi, prosesor akan mengatur ulang (*reset*), memutuskan hubungan koneksi USB ke komputer (*virtual port serial/COM* akan hilang dari komputer). Setelah prosesor melakukan *reset*, *bootlader* akan dimuat, yang akan segera aktif dalam waktu sekitar 8 detik. *Bootloader* juga dapat dimuat dengan menekan tombol *reset* pada Leonardo. Karena itu metode yang terbaik untuk melakukan *reset* pada Leonardo adalah dengan membiarkan *software* arduino melakukan *reset* sebelum *upload sketch*, terutama bagi yang terbiasa menekan tombol *reset* sebelum melakukan *upload*. Jika *software* Arduino tidak dapat melakukan *reset* terhadap arduino, pengguna bisa memulai *bootloader* dengan menekan tombol *reset* yang tersedia pada arduino.

2.4.11 *Perlindungan Beban Berlebih pada USB*

Arduino Leonardo memiliki *polyfuse reset* yang melindungi *port* USB komputer dari hubungan singkat dan arus lebih. Meskipun pada dasarnya komputer telah memiliki perlindungan internal pada *port* USB mereka sendiri, sekering memberikan lapisan perlindungan tambahan. Jika arus lebih dari 500 mA dihubungkan ke *port* USB, sekering secara otomatis akan memutuskan sambungan sampai hubung singkat atau *overload* dihapus/dibuang.



2.4.12 Karakteristik Fisik

Maksimum panjang dan lebar PCB Arduino Leonardo sama dengan Arduino Uno yaitu 2.7 x 2.1 *inch* (6,8 x 5,3 cm), dengan konektor USB dan *jack power* menonjol melampaui batas dimensi. Empat lubang sekrup memungkinkan papan terpasang pada suatu permukaan atau wadah.

2.5 *Driver Motor DC*

Driver motor adalah untai elektronika yang memiliki fungsi untuk mengendalikan gerak/aktivitas aktuator robot. Aktuator adalah komponen elektromekanik yang dapat menghasilkan gerak pada suatu robot. Aktuator pada robot dapat berupa motor DC magnet permanen berefisiensi tinggi, motor DC servo, motor DC stepper atau yang lain. (Budiharto, 2014)

Adapun cara aktivasi putaran motor DC adalah sebagai berikut.

Apabila kutub positif motor dihubungkan dengan kutub positif baterai sedangkan kutub *negative* motor dihubungkan dengan kutub *negative* motor, maka motor akan berputar searah putaran jarum jam (CW). Namun motor akan berputar sebaliknya, yaitu berlawanan arah jarum jam (CCW), apabila kutub positif motor dihubungkan dengan kutub *negative* baterai sedangkan kutub *negative* motor dihubungkan dengan kutub positif motor.

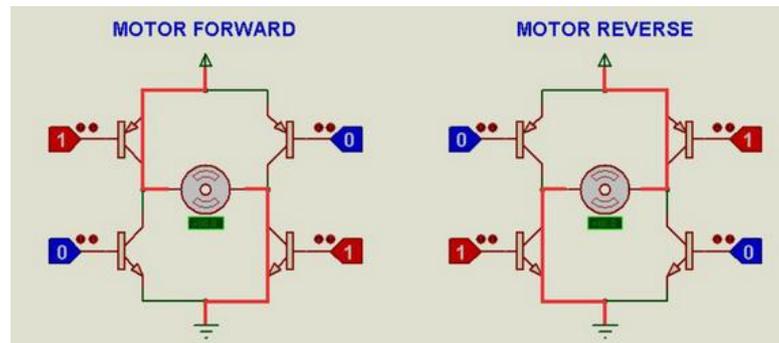
Dalam sebuah robot harus ada bagian yang bertugas untuk mengaktifkan / mengatur kapan motor (*actuator*) berputar CW dan kapan motor berputar CCW serta kapan menghentikan putarannya. Tidak mungkin sebuah robot mekanisme untuk melakukannya seperti manusia. Mekanisme tugas ini harus dilakukan secara elektronis oleh suatu bagian dari sistem dalam robot. Bagian itu disebut *driver motor*.

Komponen pembuatan *driver* motor yang biasa digunakan pada sebuah robot adalah transistor BJT, Mosfet dan relay atau dapat juga langsung menggunakan IC fungsi khusus, misal IC L293D atau IC L298D.



2.5.1 Prinsip Kerja *Driver Motor*

Bentuk rangkaian *driver motor* yang umum digunakan yaitu *H-Bridge*. Berbentuk seperti huruf H yang memiliki perbedaan fungsi di setiap sisinya. Prinsip sederhana dari pergerakan rangkaian *driver motor* DC ini ditunjukkan oleh gambar 2.31 sebagai berikut.

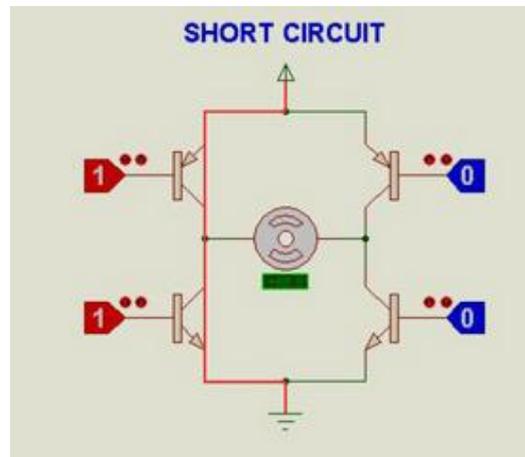


Gambar 2.31 Prinsip Kerja *Driver Motor* DC

Sumber : Eliezer, Geovanni. 2014. “*Electronics Microcontroller, Theory*”. (online).

<http://www.geyosoft.com/2014/merancang-driver-motor-dc>

Pada gambar diatas *driver motor* yang digunakan yaitu Transistor Bipolar (BJT). Motor akan bergerak *forward* atau searah jarum jam apabila transistor pada sebelah kiri atas dan kanan bawah aktif (*high*) serta transistor kiri bawah dan kanan atas tidak aktif (*low*). Pada kondisi ini kutub positif pada motor DC mendapatkan tegangan sumber dan kutub negatifnya terhubung dengan *ground* sehingga ada perbedaan potensial yang menyebabkan motor berputar. Untuk pergerakan berlawanan jarum jam (*reverse*) kebalikan dari seluruh kondisi pada keadaan *forward*. Gambar 2.32 menunjukkan *short circuit* pada *driver motor* DC.



Gambar 2.32 *Short Circuit* Pada *Driver Motor DC*

Sumber : Eliezer, Geovanni. 2014. “*Electronics Microcontroller, Theory*”. (online).

<http://www.geyosoft.com/2014/merancang-driver-motor-dc>

Jangan sekali-kali mencoba untuk mengaktifkan seluruh transistor pada bagian kiri saja atau kanan saja, hal ini dapat menyebabkan hubung singkat atau *short circuit* yang dapat berakibat rusaknya komponen transistor karena catu daya langsung terhubung ke *ground* (konslet). Untuk antisipasinya dapat diparalelkan dengan dioda apabila salah mengaktifkan atau memprogram

2.5.2 Jenis – Jenis *Driver Motor*

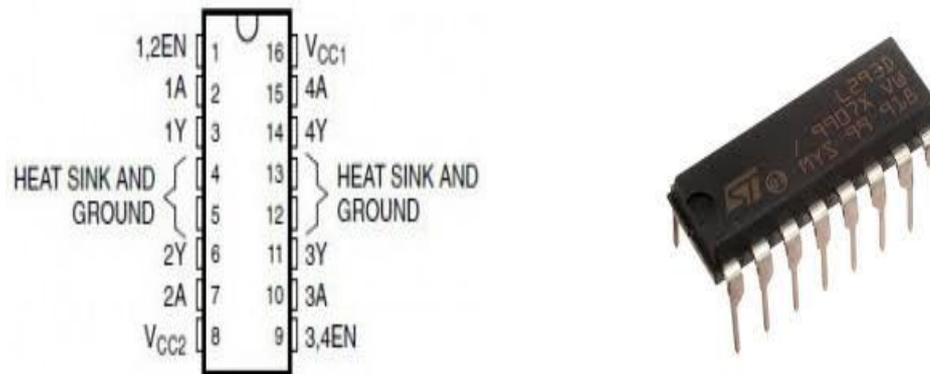
2.5.2.1 *Driver Motor L293D*

Untuk menggerakkan motor dc tersebut salah satu cara yang dilakukan adalah dengan menggunakan rangkaian *driver L293D*. IC *L293D* adalah IC yang didesain khusus untuk *driver motor dc* dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL (*Transistor – transistor logic*) maupun mikrokontroler.

Motor dc yang dikontrol dengan *driver IC L293D* dapat dihubungkan ke *ground* maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam *driver L293D* sistem *driver* yang digunakan adalah *totem pool*. Dalam 1 unit chip IC *L293D* terdiri dari 4 buah *driver motor DC* yang berdiri sendiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Amper tiap *driver* nya. Sehingga dapat digunakan untuk



membuat *driver H-bridge* untuk 2 buah motor DC. Konstruksi pin IC L293D ditunjukkan pada gambar 2.33 sebagai berikut :



Gambar 2.33 Konstruksi Pin dan bentuk fisik IC L293D

Sumber: Fahmi, Andre. 2010. "*Motor DC*". (online).

<https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/motor-dc-adalah/>

Adapun Fungsi Pin IC L293D adalah sebagai berikut :

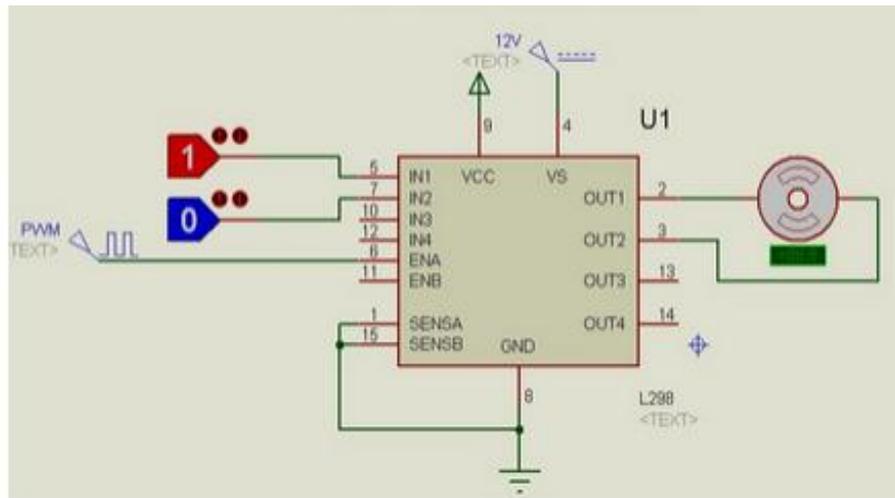
1. Pin EN (*Enable*, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk mengizinkan *driver* menerima perintah untuk menggerakkan motor dc.
2. Pin In (*Input*, 1A, 2A, 3A, 4A) adalah pin *input* sinyal kendali motor dc.
3. Pin Out (*Output*, 1Y, 2Y, 3Y, 4Y) adalah jalur *output* masing-masing *driver* yang dihubungkan ke motor dc.
4. Pin VCC (VCC1, VCC2) adalah jalur *input* tegangan sumber *driver* motor dc, dimana VCC1 adalah jalur *input* sumber tegangan rangkaian kontrol *driver* (biasanya diberikan tegangan 5 volt) dan VCC2 adalah jalur *input* sumber tegangan untuk motor dc yang dikendalikan (biasanya diberikat tegangan 12 volt).
5. Pin GND (*Ground*) adalah jalur yang harus dihubungkan ke *ground*, pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil.

2.5.2.2 Driver Motor L298D

IC L298D merupakan dual *H-Bridge Driver* yang dapat digunakan maksimal untuk *drive* 2 buah motor DC. Pada pin IN 1 dan IN 2 untuk *logic H-Bridge*



seperti penjelasan sebelumnya, dan pin ENA sebagai aktivasi PWM untuk pengaturan kecepatan motor DC. Kemampuan arus maksimum pada IC L298D ini sebesar 4A. Rangkaian *driver* motor L298D ditunjukkan pada gambar 2.34 berikut.

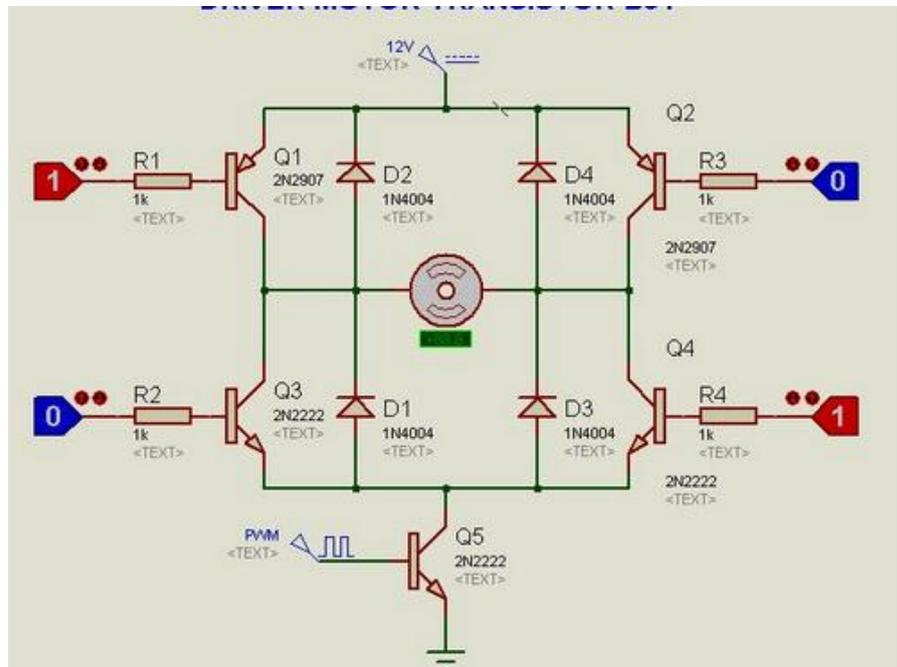


Gambar 2.34 Rangkaian *driver* motor L298D

Sumber : Eliezer, Geovanni. 2014. “*Electronics Microcontroller, Theory*”.
(online). <http://www.geyosoft.com/2014/merancang-driver-motor-dc>

2.5.2.3 *Driver* Motor Transistor BJT

Transistor BJT yang digunakan yaitu Tipe PNP 2N2907 pada bagian atas sedangkan Tipe NPN 2N2222 pada bagian bawah dan untuk *switching* PWM menggunakan transistor tipe NPN. Transistor 2N2907 memiliki kemampuan melewatkan arus sebesar 600 mA dan pada 2N2222 sebesar 800 mA untuk tegangan maksimumnya 15V. *Driver* Motor Transistor BJT ditunjukkan oleh gambar 2.35 dibawah ini.

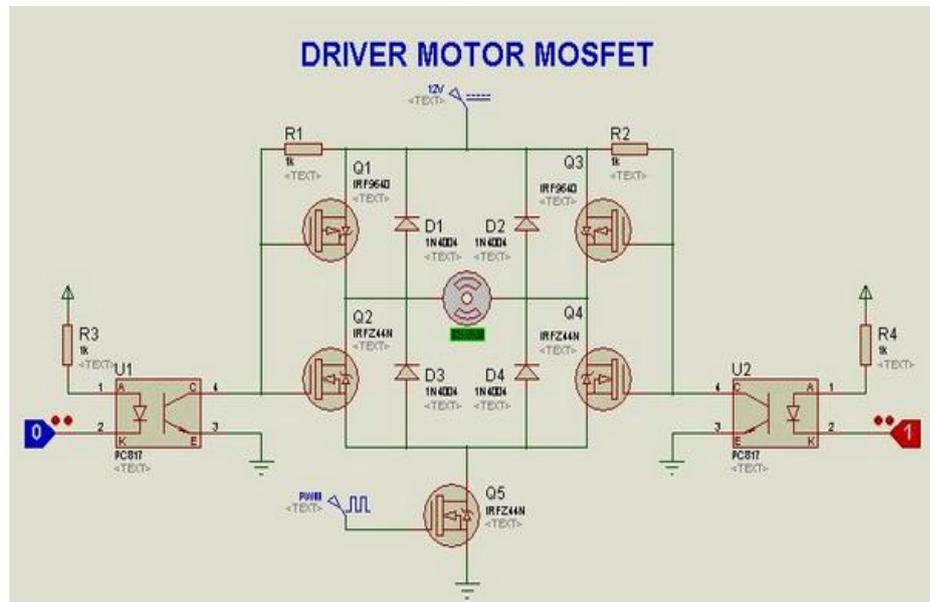


Gambar 2.35 Driver Motor Transistor BJT

Sumber : Eliezer, Giovanni. 2014. “*Electronics Microcontroller, Theory*”. (online).
<http://www.geyosoft.com/2014/merancang-driver-motor-dc>

2.5.2.4 Driver Motor MOSFET

Transistor MOSFET yang digunakan yaitu *P-Channel* IRF9540N pada bagian atas dan *N-Channel* IRFZ44N pada bagian bawah serta untuk *switching* PWM menggunakan transistor tipe *N-Channel*. IRF9540 memiliki kemampuan melewati arus sebesar 23A dan IRFZ44N sebesar 40A. dengan tegangan maksimum 24V. Penggunaan *driver* motor MOSFET sering di aplikasikan untuk *driving* motor pada dunia robotika. *Driver* motor mosfet ditunjukkan pada gambar 2.36 berikut ini.



Gambar 2.36 *Driver Motor Mosfet*

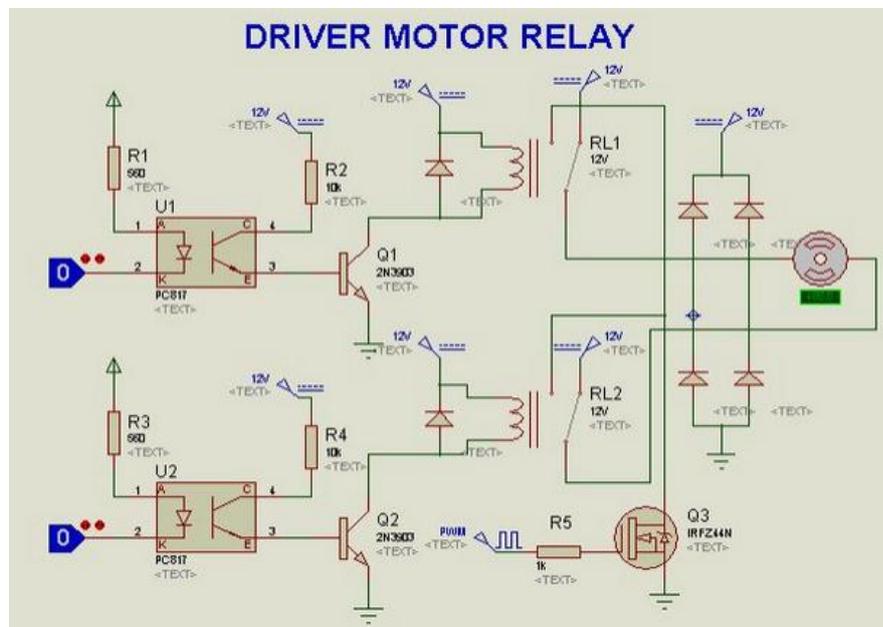
Sumber : Eliezer, Geovanni. 2014. “*Electronics Microcontroller, Theory*”. (online).

<http://www.geyosoft.com/2014/merancang-driver-motor-dc>

2.5.2.5 *Driver Motor Relay*

Relay yang digunakan pada rangkaian diatas dengan *rating* tegangan 12V, perlu ada catuan untuk mengaktifkan *coil* pada *relay* sebesar 12V. Untuk *switching* PWM menggunakan MOSFET tipe *N-Channel* IRFZ44N. *Relay* 12V dapat melewati arus sebesar 16 A, jika ingin memperbesar arus yang melewatinya dapat mengganti *relay* dengan *rating* tegangan yang lebih besar. *Driver* motor *relay* lebih cocok digunakan untuk menjalankan motor dengan *rating* arus besar >5A.

Driver motor DC dengan menggunakan *relay* ditunjukkan oleh gambar 2.36 berikut ini.



Gambar 2.37 Driver Motor Relay

Sumber : Eliezer, Geovanni. 2014. “*Electronics Microcontroller, Theory*”. (online).

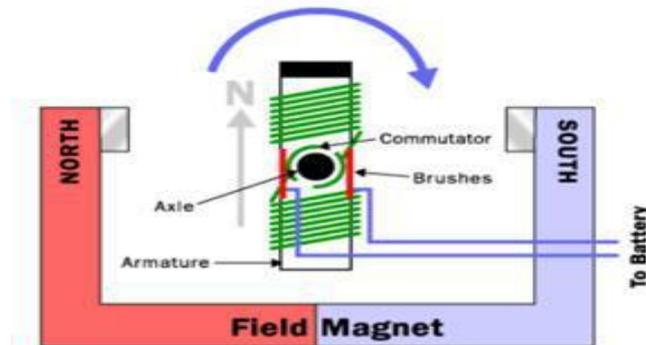
<http://www.geyosoft.com/2014/merancang-driver-motor-dc>

2.6 Motor DC

Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (komutator). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (*double pole, double throw switch*).

Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorentz, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka sebuah gaya (yang dikenal dengan gaya Lorentz) akan tercipta secara ortogonal diantara arah medan magnet dan arah aliran arus. (Suyadh, 2013).

Mekanisme ini diperlihatkan pada Gambar 2.38 berikut ini.



Gambar 2.38 Bagan mekanisme kerja motor DC magnet permanen

Sumber: Fahmi, Andre. 2010. “*Motor DC*”. (online).

<https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/motor-dc-adalah/>

Motor DC yang digunakan pada robot beroda umumnya adalah motor DC dengan magnet permanen. Motor DC jenis ini memiliki dua buah magnet permanen sehingga timbul medan magnet di antara kedua magnet tersebut

Di dalam medan magnet inilah jangkar/rotor berputar. Jangkar yang terletak di tengah motor memiliki jumlah kutub yang ganjil dan pada setiap kutubnya terdapat lilitan. Lilitan ini terhubung ke area kontak yang disebut komutator. Sikat (*brushes*) yang terhubung ke kutub positif dan negatif motor memberikan daya ke lilitan sedemikian rupa sehingga kutub yang satu akan ditolak oleh magnet permanen yang berada di dekatnya, sedangkan lilitan lain akan ditarik ke magnet permanen yang lain sehingga menyebabkan jangkar berputar.

Ketika jangkar berputar, komutator mengubah lilitan yang mendapat pengaruh polaritas medan magnet sehingga jangkar akan terus berputar selama kutub positif dan negatif motor diberi daya. Kecepatan putar motor DC (N) dirumuskan dengan Persamaan berikut.



$$N = \frac{V_{TM} - I_A R_A}{K\phi}$$

Keterangan:

- V_{TM} : Tegangan terminal
 I_A : Arus jangkar motor
 R_A : Hambatan jangkar motor
 K : Konstanta motor
 ϕ : Fluk magnet yang terbentuk pada motor.

Pengendalian kecepatan putar motor DC dapat dilakukan dengan mengatur besar tegangan terminal motor V_{TM} . Metode lain yang biasa digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor DC adalah dengan teknik modulasi lebar pulsa atau *Pulse Width Modulation (PWM)*.

2.7 Motor servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo merupakan salah satu jenis motor DC.

Berbeda dengan motor stepper, motor servo beroperasi secara *close loop*. Poros motor dihubungkan dengan rangkaian kendali, sehingga jika putaran poros belum sampai pada posisi yang diperintahkan maka rangkaian kendali akan terus mengoreksi posisi hingga mencapai posisi yang diperintahkan.

Motor servo banyak digunakan pada peranti R/C (*Remote Control*) seperti mobil, pesawat, helikopter, dan kapal, penggerak pada kamera serta sebagai aktuator robot. Pada robot boat pengintai, motor servo digunakan sebagai pengendali kamera pengintai. (Fahmi, 2011)

Gambar 2.39 merupakan motor servo standar.



Gambar 2.39 Motor Servo *Standar* Hitec HS-311

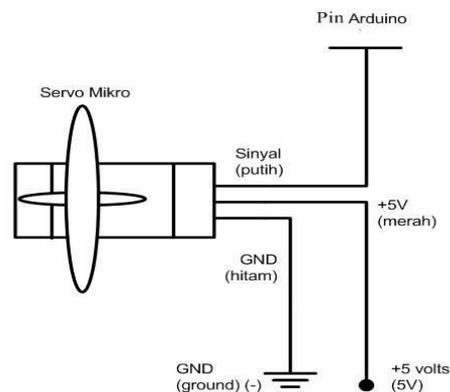
Sumber: Fahmi, Andre. 2010. “*Motor Servo*”. (online).

<https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/motor-servo-adalah/>

2.7.1 Konstruksi Motor Servo

Motor servo merupakan motor yang berputar lambat, dimana biasanya ditunjukkan oleh *rate* putarannya yang lambat, namun demikian memiliki torsi yang kuat karena pada *internal gear*-nya.

Motor servo memiliki 3 kabel yaitu putih sebagai I/O pin, merah sebagai Vcc dan hitam sebagai *ground*. Dengan demikian, motor servo dapat dikontrol melalui kabel I/O yang berwarna putih. Pada gambar 2.40 dibawah ini merupakan pin-pin dan pengkabelan dari motor servo yang dihubungkan pada rangkaian pengontrol. (Suyadi, 2014)



Gambar 2.40 Pin out kabel motor servo

Sumber: Fahmi, Andre. 2010. “*Motor Servo*”. (online).

<https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/motor-servo-adalah/>



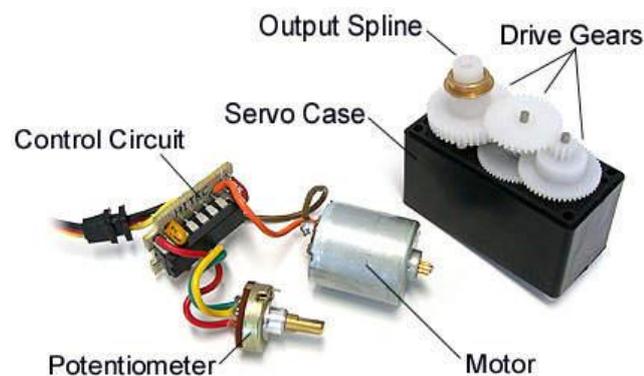
Didalam sebuah motor servo terdapat beberapa karakteristik, yaitu :

- 3 jalur : *power*, *ground* dan *control*.
- *Sinyal control* mengendalikan posisi.
- Operasional dari motor servo dikendalikan oleh pulsa sebesar 20ms, dimana lebar pulsa antara 500 μ s dan 2400 μ s menyatakan akhir dari *range* sudut maksimum.
- Konstruksi didalamnya meliputi *internal gear*, potensiometer dan *feedback control*.

Didalam motor servo terdapat potensiometer yang digunakan sebagai sensor posisi. Potensiometer tersebut dihubungkan dengan *output shaft* untuk mengetahui sudut posisi dari *output gear* pada motor servo. Ketika motor DC (*Direct Current*) berputar, maka *output shaft* juga berputar dan sekaligus memutar potensiometer.

Rangkaian *control* kemudian dapat membaca kondisi potensiometer tersebut untuk mengetahui posisi *actual shaft*. Jika posisinya sesuai dengan yang diinginkan, maka motor dc akan berhenti. Sudut operasi motor servo (*operating angle*) bervariasi tergantung jenis motor servo.

Pada gambar 2.41 Merupakan *internal gear* dan kontrol elektronik untuk mengatur pergerakan dari motor.



Gambar 2.41 Konstruksi motor servo

Sumber : Yama. Jeri. 2009. Perangkat Servo. (online).

<https://perangkatelektronik.wordpress.com/2013/01/29/motor-servo/>

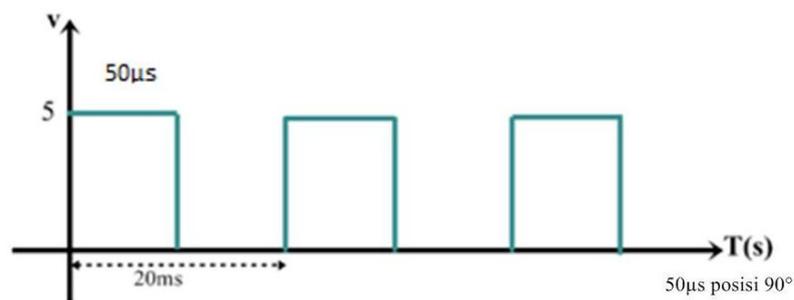


2.7.2 Jenis-Jenis Motor Servo

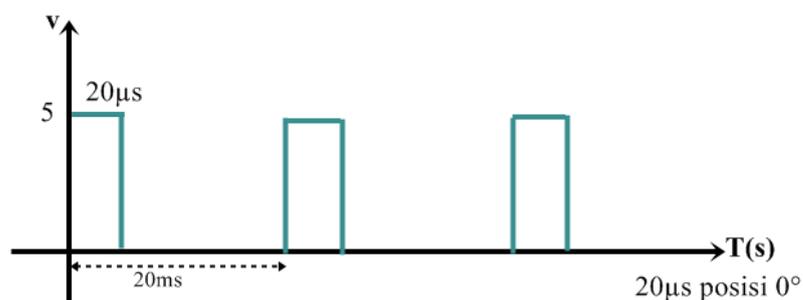
a. Motor Servo Standar

Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180° .

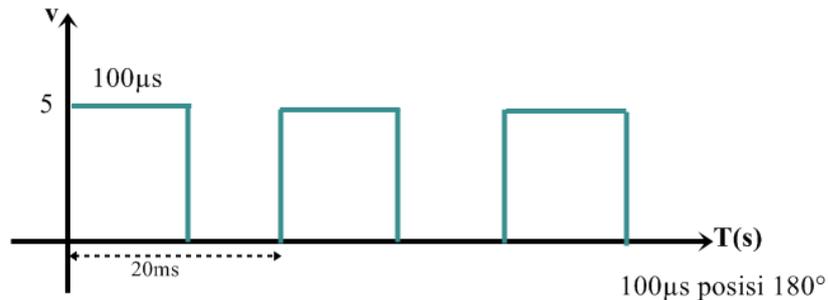
Pengaturan motor servo diperlukan untuk mengetahui gerakan dari motor servo dan pula yang harus kita berikan untuk bergerak ke kanan atau bergerak ke kiri. Teknik PWM (*Pulse Width Modulation*) digunakan untuk mengatur sudut motor servo jenis *standard* 180° ini dapat di lihat pada gambar 2.42 . Pada motor servo jenis *standard* 180° memiliki 3 sudut yaitu pada saat kondisi sudut 0° , 90° dan 180° .



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.42 Teknik PWM untuk mengatur sudut motor servo 180° (a) pulsa 50µs posisi 90° (b) pulsa 20µs posisi servo 0° (c) pulsa 100µs posisi 180°

Sumber : Makruf, Abdiamar.2013. Rancang Bangun Sistem Kamera Pemantau. Laporan akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya

Sudut dari motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Sebagai contoh, dengan pulsa 50µs pada periode *delay* selebar 20ms maka sudut dari motor servo akan berada pada posisi netral atau 90° sedangkan pada saat pulsa $\leq 20\mu\text{s}$ pada periode *delay* selebar 20ms maka sudut dari motor servo akan berada pada posisi 0° dan untuk pulsa 100µs pada periode *delay* sebesar 20ms maka sudut dari motor servo akan berada pada posisi 180°.

Pada motor servo *standard* 180° semakin lebar pulsa *off* maka akan semakin besar gerakan sumbu kearah jarum jam dan semakin kecil pulsa *off* maka akan semakin besar gerakan sumbu berlawanan dengan arah jarum jam sehingga semakin besar pulsa yang masuk melalui kaki pin motor sevo maka semakin besar sudut yang dihasilkan. Arah putar motor servo dapat dilihat seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.43 Dibawah ini.



Gambar 2.43 Arah putaran motor servo standar

Sumber : Makruf, Abdiamar.2013. Rancang Bangun Sistem Kamera Pemantau Bergerak. Laporan akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya

b. Motor Servo Kontinu

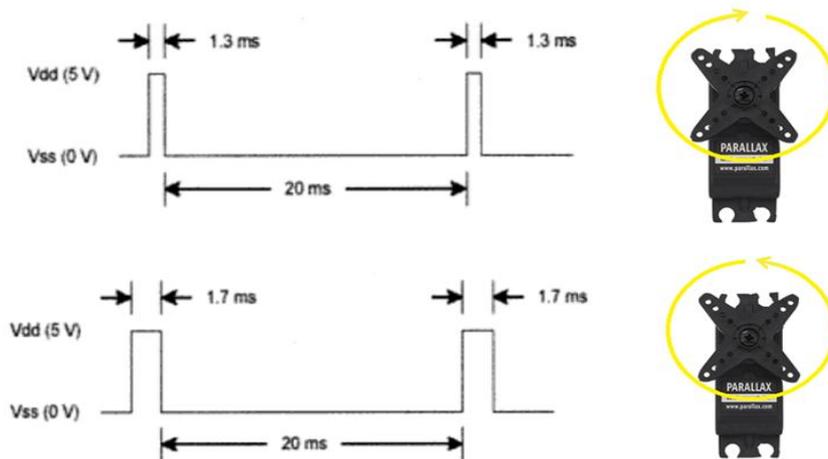
Motor servo kontinu merupakan motor servo yang bagian *feedback*-nya dilepas sehingga motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu).

Prinsip kerja dari motor servo *continuous* sedikit berbeda dari motor servo standar. Untuk menggerakkan motor servo ke kanan atau ke kiri, tergantung dari nilai *delay* yang diberikan. Untuk membuat servo pada posisi *center*, berikan pulsa 1.5ms dan untuk pemberian pulsa $\leq 1.3\text{ms}$ motor servo akan berputar searah jarum jam dengan besar putaran sumbu ditentukan oleh besar pulsa *on* pada motor sedangkan untuk membuat motor servo *continuous* berputar berlawanan dengan arah jarum jam dapat memberikan pulsa $\geq 1.7\text{ms}$, dan dengan besar pulsa *on* yang digunakan, dapat menentukan besar putaran untuk berlawanan dengan arah jarum jam.

Teknik PWM (*Pulse Width Modulation*) pada motor servo *continuous* dapat dilihat pada gambar 2.44. Pada motor servo *continuous* mampu bergerak



dua arah yaitu searah jarum jam dan berlawanan dengan arah jarum jam tanpa adanya batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu sehingga motor ini berputar 360°).



Gambar 2.44 Arah putaran motor servo *continuous* 360°

Sumber : Makruf, Abdiamar.2013. Rancang Bangun Sistem Kamera Pemantau Bergerak. Laporan akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya

2.7.3 Karakteristik Motor Servo

Motor Servo yang digunakan pada robot ini adalah motor servo jenis *Tower Pro Micro Servo SG90*. Motor servo jenis ini akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50Hz dengan periode sebesar 20 ms. Pemberian besar pulsa dari mikrokontroler menentukan besar sudut yang harus dilakukan oleh motor servo. Pengaturan sudut motor servo diperlukan untuk mengetahui gerakan dari motor servo dan pulsa yang harus diberikan ke motor servo dalam pergerakan ke kanan atau ke kiri. Dari pulsa yang diberikan, kita dapat melihat gerakan motor servo. Di mana pada saat sinyal dengan frekuensi 50Hz tersebut dicapai pada kondisi *Ton duty cycle* 1.5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 90° / netral).

Pada saat *Ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5ms, maka rotor akan berputar ke arah kiri dengan membentuk sudut yang besarnya



linier terhadap besarnya *Ton duty cycle* sampai batas minimum 0° , dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika *Ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5ms, maka rotor akan berputar ke arah kanan dengan membentuk sudut yang *linier* pula terhadap besarnya *Ton duty cycle* sampai batas sudut maksimum 180° , dan bertahan diposisi tersebut. Untuk lebih jelasnya karakteristik motor servo dapat dijelaskan oleh tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Karakteristik motor servo tipe *Tower Pro Micro Servo SG90*

Motor Servo	<i>Micro Servo Sg90</i>
Dimensi	22.6 X 21.8 X 11.4 mm
Berat (Hanya Motor)	9 gram
Kecepatan	0.12 S/ 60 <i>Degree</i>
<i>Pulse Width</i>	500 – 2400 μ s
<i>PWM Period</i>	20 ms (50Hz)
Tegangan Kerja	4,8 V – 6 V
Arus	Kurang Dari 500 mA
<i>Temperatur Range</i>	-30 Sampai 60° C
Panjang Kabel	150 mm
<i>Stall Torque</i>	1.98 Kg/Cm
<i>Gear Type</i>	<i>Plastic</i>
<i>Limit angle</i>	180° ($\pm 10^\circ$)
<i>Neutral position</i>	1500 μ s



2.8 Kamera *Wireless*

Kamera kecil tanpa kabel ini menggunakan gelombang radio untuk berkomunikasi, kamera ini dapat menangkap gambar dan suara sekaligus. Kamera ini sangat baik digunakan untuk kegiatan mengamati suatu objek atau untuk alasan keamanan dan kegiatan memata-matai.

Wireless Spy Camera ini menggunakan gelombang 1.2Ghz, dimana terdapat 1 unit *receiver* (sudah termasuk dalam paket) untuk menerima gambar dan suara yang dipancarkan oleh *Wireless Spy Camera* tersebut. *Output* dari *receiver* alat ini bisa dihubungkan langsung ke AV-input di TV, untuk melihat tampilan dari *wireless spy camera* tersebut secara *real-time*.

Kamera *wireless* ini juga dilengkapi dengan *infrared* sehingga kamera masih dapat menangkap gambar meskipun pada tempat yang minim cahaya. Seperangkat kamera *wireless* ditunjukkan pada gambar 2.45 berikut ini.



Gambar 2.45 Seperangkat Kamera *Wireless*

Sumber: Anonim. 2010. " *Wireless Camera*". (online). <http://www.pdf00z.net/k-57479253.html>

2.9 TV *Tuner*

TV *tuner* adalah perangkat keras yang terhubung dengan komputer yang berfungsi untuk menangkap siaran televisi. Pada robot *boat* pengintai, TV *tuner* digunakan untuk menangkap siaran yang di terima oleh *receiver* kamera *wireless* sehingga dapat terhubung ke PC/ *notebook*. TV *tuner* dapat berfungsi sebagai video *capture*/alat rekam *digital* dari *gadget* elektronik seperti *camcorder* atau VHS dan DVD *player*. TV *tuner* ditunjukkan pada gambar 2.46 dibawah ini.



Gambar 2.46 *TV Tuner*

Sumber: Ahmad. Ferdiansah. 2009. "Tv Tuner". (online).
<https://ferdiansyahmardja.wordpress.com/tag/tvtuner>
