BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

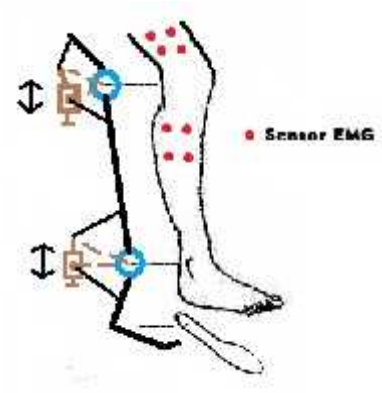
Bab ini berisi tentang teori mengenai permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini secara garis besar dimulai dari anatomi otot pada kaki manusia, sistem sensor *electromyography* (EMG), sensor *inertial measurement unit* (IMU), penguat operasional, rangkaian filter, rangkaian *clamper*, *accelerometer*, motor DC, *driver* motor, catu daya dan juga mikrokontroler yang digunakan sebagai pemrograman.

2.1 Anatomi Otot pada Kaki Manusia

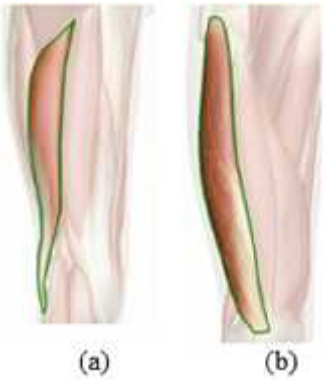
Anatomi adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur tubuh makhluk hidup. Kata anatomi berasal dari bahasa Yunani, yaitu "*ana*" yang berarti habis atau ke atas dan "*tomos*" yang berarti memotong atau mengiris. Maksudnya anatomi adalah ilmu yang mempelajari struktur tubuh makhluk hidup dengan cara menguraikan tubuh menjadi bagian yang lebih kecil ke bagian yang paling kecil, dengan cara memotong atau mengiris tubuh kemudian diangkat, dipelajari, dan diperiksa menggunakan mikroskop [3]. Salah satu bagian dari ilmu anatomi ini adalah anatomi manusia, salah satunya yang akan dibahas adalah pada bagian kaki.

Kaki adalah titik terendah dari kaki manusia. Bentuk kaki, bersama dengan sistem keseimbangan-menjaga alami tubuh, membuat manusia mampu tidak hanya berjalan, tetapi juga memanjat, dan banyak kegiatan lainnya. Struktur kaki yang kompleks mengandung lebih dari 100 tendon, ligamen, dan otot-otot yang bergerak hampir tiga lusin sendi tulang, sementara menyediakan struktur. Banyak dari otot-otot yang mempengaruhi gerakan kaki yang lebih besar terletak di kaki bagian

bawah. Namun, kaki sendiri adalah web otot yang dapat melakukan artikulasi tertentu yang membantu menjaga keseimbangan dan fleksibel sebagai seseorang berjalan [4]. Berikut adalah posisi peletakan sensor EMG serta bagian otot yang akan dipasangkan sensor EMG.



Gambar 2.1 Posisi peletakan Sensor EMG pada bagian kaki [5]



Gambar 2.2 (a) *Biceps Femoris Muscle*, (b) *Vastus Lateralis Muscle* [5]



Gambar 2.3 (c) *Gastrocnemius Muscle*, (d) *Peroneus Longus Muscle* [5]

Berikut adalah penjelasan fungsi masing-masing otot yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3,

a. *Biceps Femoris Muscle* : Fleksi dan rotasi pada lutut

b. *Vastus Lateralis Muscle* : Ekstensi pada lutut

c. *Gastrocnemius Muscle* : Fleksi pada lutut

d. Peroneus Longus Muscle : Fleksi dan eversi pada pergelangan kaki

2.2 Sistem Sensor *Electromyography* (EMG)

Electromyography (EMG) adalah teknik pengukuran sinyal elektris yang berhubungan dengan0aktivitas otot. Aktivitas otot ini dapat berasal dari kontraksi otot yang disengaja maupun tidak disengaja. Aktivitas EMG dari kontraksi otot yang disengaja berhubungan dengan ketegangan otot. Bagian yang berfungsi dalam kontraksi otot adalah pada bagian motornya, yang tersusun atas satu *α-motoneuron* dan banyak urat otot. Satu bagian motor dapat memiliki 3-2000 urat otot. Urat otot ini akan berkontraksi ketika motor menghantarkan impuls listrik hingga mencapai kondisi depolarisasi. Depolarisasi di sini maksudnya adalah keadaan di mana urat otot sedang aktif. Depolarisasi ini akan menghasilkan sinyal elektris yang disebut sebagai tegangan atau voltase [6].

Fungsi otot sangat berperan penting dalam setiap aktivitas manusia, misalnya dalam bekerja, berolah raga, belajar bahkan tidur tidak terlepas dari kerja otot. Semakin besar otot mengeluarkan tenaga maka frekuensinya akan semakin besar. Sinyal EMG mempunyai *range* frekuensi pada energi dominan antara 20-500Hz, dengan amplitudo antara 0-10 mV [7]. Untuk mendapatkan karakteristik sinyal EMG, kita membutuhkan instrumentasinya yang disebut *elektromiograf* dan untuk menghasilkan sinyal hasil pembacaan *elektromiograf* yang disebut *elektromiogram*. EMG memiliki beberapa manfaat, selain sebagai alat diagnosa untuk mengidentifikasi penyakit otot, kinesiologi/ilmu tentang gerakan manusia, tetapi

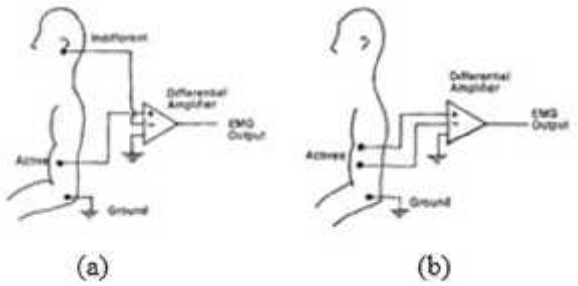
juga digunakan sebagai sinyal untuk mengontrol pergerakan prostetik seperti kaki [8].

Untuk mendeteksi sinyal EMG ini digunakan sebuah sensor elektrode yang terbuat dari bahan *Ag/AgCl* (Perak Klorida). Ada dua jenis elektrode, yaitu elektrode permukaan (*surface electrode*) dan elektrode jarum atau kabel (*wire or needle electrode*) yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 (a) *Surface Electrode*, (b) *Needle Electrode* [9]

Konfigurasi pemasangan elektrode ada dua, yaitu secara uni polar dan bipolar yang dapat dilihat pada Gambar 2.5. Secara uni polar perekaman sinyal EMG dilakukan dengan memasang satu elektrode pada otot yang akan diukur dan elektrode lain diletakan di bagian yang minim gerakan sebagai referensi. Sedangkan untuk konfigurasi bipolar dua elektrode diletakan berdekatan di bagian otot yang akan diukur [9].



Gambar 2.5 Konfigurasi Pemasangan Elektrode. (a) Uni Polar, (b) Bipolar [9]

2.3 IMU (*Inertial Measurement Unit*)

IMU (*Inertial Measurement Unit*) adalah perangkat elektronik yang mengukur dan melaporkan kekuatan spesifik tubuh, tingkat sudut, dan kadang-kadang medan magnet di sekitar tubuh, menggunakan kombinasi *accelerometer* dan giroskop, kadang-kadang juga magnetometer [10]. Berikut adalah salah satu contohnya.



Gambar 2.6 Adafruit 9-DOF IMU *Breakout* [11]

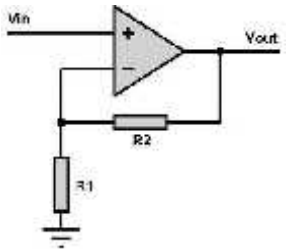
Adafruit 9-DOF IMU *Breakout* merupakan unit pengukuran inersia (IMU) ini menggabungkan 2 dari sensor kualitas terbaik yang ada di pasaran untuk memberi Anda 9 sumbu data: 3 sumbu data *accelerometer*, 3 sumbu *gyroscopic*, dan 3 sumbu magnet (kompas). Adafruit 9-DOF IMU *Breakout* memakai sensor giroskop L3DG20H + LSM303DLHC accelerometer / sensor kompas. Sebuah antarmuka I²C mengakses sepuluh tekanan independen, rotasi, akselerasi, dan pengukuran magnetik yang dapat digunakan untuk menghitung ketinggian sensor dan orientasi mutlak. Adafruit 9-DOF IMU *Breakout* beroperasi 3-5 V [11].



Gambar 2.7 Posisi Peletakan Sensor IMU

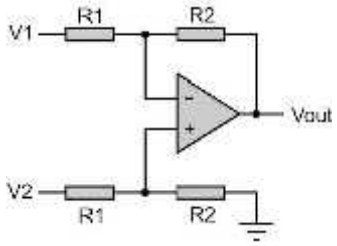
2.4 Penguat Operasional

Beberapa jenis dari penguat operasional adalah penguat instrumentasi dan penguat *non-inverting*. Penguat instrumentasi adalah salah satu penerapan dari fungsi penguat operasional (*op-amp*). Penguat ini bersifat linier, yaitu *output* sinyal yang dihasilkan dari penguat ini nilainya tidak berubah/konstan. Penguat instrumentasi ini adalah gabungan dari penguat *non-inverting* dan penguat *differensial*. Penguat *non-inverting* merupakan penguat yang berfungsi memperkuat sinyal tanpa membalik fasa dari sinyal tersebut, sedangkan penguat *differensial* merupakan penguat yang mampu memperkuat sinyal kecil yang berada dalam sinyal yang jauh lebih besar [12]. Pada Gambar 2.8 dan Gambar 2.9 berikut adalah rangkaian penguat *non-inverting* dan penguat *differensial*.



$$V_o = \left(\frac{R2}{R1} + 1\right).V_{in} \quad (1.0)$$

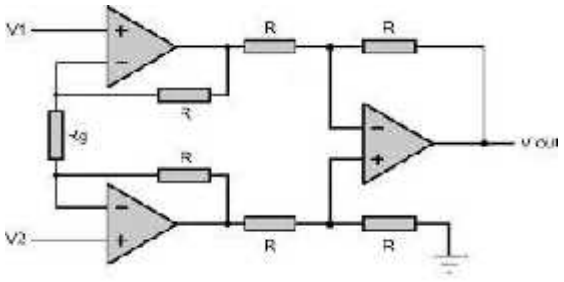
Gambar 2.8 Penguat *Non-Inverting* [12]



$$V_o = \left(\frac{R2}{R1} + 1\right).(V2 - V1) \quad (1.1)$$

Gambar 2.9 Penguat Differensial [12]

Dari dua rangkaian penguat di atas, yaitu penguat *non-inverting* dan penguat *differensial* dapat digabung menjadi satu rangkaian, yaitu yang disebut penguat instrumentasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 berikut.



Gambar 2.10 Penguat Instrumentasi Sederhana [12]

Dari persamaan 1.0 dan persamaan 1.1 sebelumnya didapat.

$$V_o = \left(\frac{2R}{R_g} + 1\right).(V2 - V1) \quad (1.2)$$

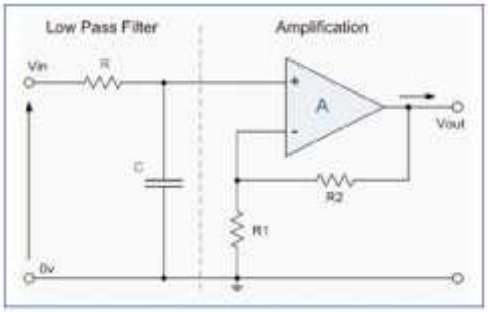
2.5 Filter

Filter adalah sebuah jaringan elektris yang mengubah karakteristik amplitudo dan/atau fasa suatu sinyal tetapi tidak mengubah frekuensinya. Idealnya, filter tidak menambah frekuensi yang baru pada sinyal masukannya. Filter biasanya digunakan di dalam sistem elektronik untuk meloloskan sinyal pada jarak frekuensi tertentu dan menolak sinyal pada jarak frekuensi yang lainnya [13].

Berdasarkan sifatnya, filter terbagi menjadi dua macam, yaitu filter pasif (filter yang hanya terdiri dari komponen pasif, seperti kapasitor, resistor atau induktor) dan filter aktif (filter yang berisi komponen aktif, seperti transistor dan *op-amp*). Dan berikut beberapa jenis filter yang akan dijelaskan.

a. *Low Pass Filter* (LPF)

Low Pass Filter adalah filter yang akan meloloskan frekuensi yang berada di bawah frekuensi *cut-off* (fc) dan meredam frekuensi di atas frekuensi *cut-off*. Filter aktif *low pass* adalah rangkaian filter yang menggunakan penguat operasional rangkaian terpadu di mana rangkaian filter aktif *low pass* ini akan meloloskan sinyal *input* dengan frekuensi di bawah frekuensi *cut-off* rangkaian dan akan melemahkan sinyal *input* dengan frekuensi di atas frekuensi *cut-off* rangkaian filter aktif *low pass* tersebut [14].



Gambar 2.11 Rangkaian Dasar Filter Aktif *Low Pass* (LPF) [14]

Dari rangkaian pada Gambar 2.11 maka dapat dirumuskan.

Frekuensi *cut-off* filter *low pass* (fc) :

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \tag{1.3}$$

Penguatan filter *low pass* (AF) :

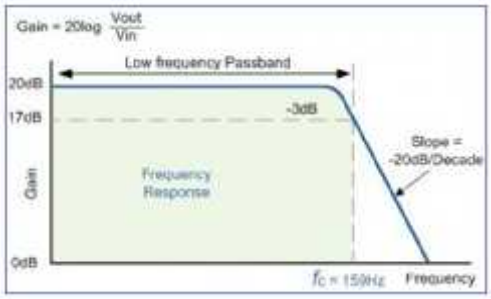
$$A_F = \frac{V_0}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \tag{1.4}$$

Di mana : f_c = frekuensi *cut-off* (Hz)

A_F = penguatan filter

V_o = tegangan keluaran (volt)

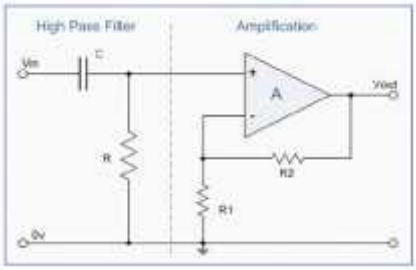
V_i = tegangan masukan (volt)



Gambar 2.12 Respons Frekuensi Filter Aktif *Low Pass* [14]

b. *High Pass Filte*r (HPF)

High Pass Filter adalah filter yang akan meloloskan frekuensi yang berada di atas frekuensi *cut-off* dan meredam frekuensi di bawah frekuensi *cut-off*. Filter aktif *high pass* atau sering disebut dengan *Active High Pass Filter* atau juga disebut dengan filter aktif lolos atas adalah rangkaian filter yang akan melewatkan sinyal *input* dengan frekuensi di atas frekuensi *cut-off* rangkaian dan akan melemahkan sinyal *input* dengan frekuensi di bawah frekuensi *cut-off* rangkaian dan ditambahkan rangkaian penguat tegangan menggunakan penguat operasional. Rangkaian *high pass* filter aktif pada dasarnya sama saja dengan filter pasif *high pass*, perbedaannya pada bagian *output* filter aktif *high pass* ditambahkan rangkaian penguat tegangan [15].



Gambar 2.13 Rangkaian Dasar Filter Aktif *High Pass* (HPF) [15]

Dari rangkaian di atas maka dapat dirumuskan.

Frekuensi *cut-off* filter *high pass* :

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \tag{1.5}$$

Penguatan filter *high pass* (AF) :

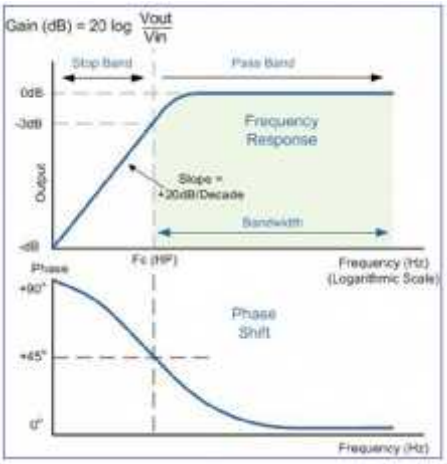
$$A_F = 1 + \frac{R_2}{R_1} \tag{1.6}$$

Di mana : f_c = frekuensi *cut-off* (Hz)

A_F = penguatan filter

V_o = tegangan keluaran (volt)

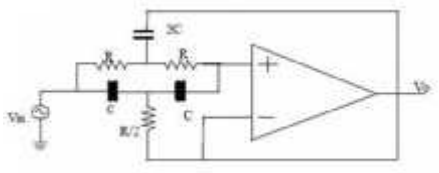
V_i = tegangan masukan (volt)



Gambar 2.14 Respons Frekuensi Filter Aktif *High Pass* (HPF) [15]

c. *Band Reject* Filter / *Band* Stop Filter / *Notch* Filter

Band reject filter atau disebut juga sebagai *band* stop filter adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menahan sinyal dengan jarak frekuensi di atas frekuensi batas bawah (*fL*) dan di bawah jarak frekuensi batas atas (*fH*). Dan akan melewatkan sinyal dengan jarak frekuensi di luar jarak frekuensi batas bawah (*fL*) dan frekuensi batas atas (*fH*). *Notch* Filter Aktif atau biasa dikenal *Band Reject* Filter bidang sempit, biasanya rangkaian aktif *Notch* Filter ini digunakan pada rangkaian instrumentasi medis [16].

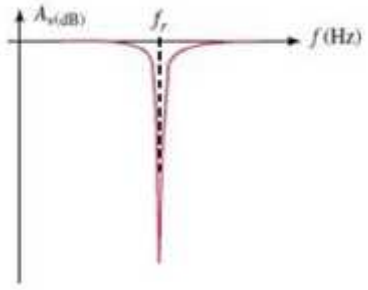


Gambar 2.15 Rangkaian *Band Reject* Filter (BRF) Bidang Sempit [16]

Dari rangkaian di atas maka dapat dirumuskan.

$$f_N = \frac{1}{2\pi.C.R} \tag{1.7}$$

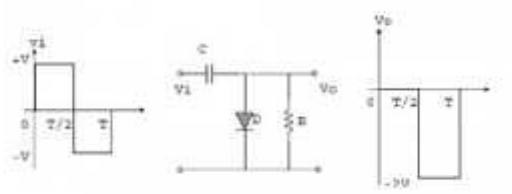
Di mana : f_N = frekuensi *notch filter* (Hz)



Gambar 2.16 Respons Frekuensi Filter *Band Reject* [16]

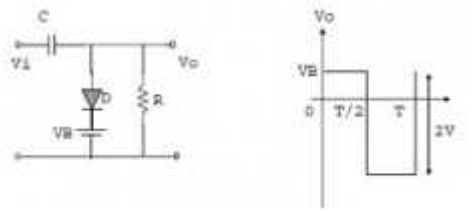
2.6 Clamper

Rangkaian *Clamper* (penggeser) digunakan untuk menggeser suatu sinyal ke level dc yang lain. Clamper sangat cerdas karena mereka dapat menyesuaikan jumlah DC jika nilai puncak dari sinyal input berubah. Idealnya, clamper tidak akan mengubah bentuk sinyal input. Sebaliknya, hasilnya Sinyal hanyalah sebuah "vertikal bergeser" versi input. Clamper biasanya dibuat dengan komponen pasif, sama seperti rectifier. Seperti penyearah, clamper sederhana menghasilkan kesalahan yang disebabkan oleh penurunan voltase dioda. Clamper aktif menghapus kesalahan ini [17]. Sebuah rangkaian *clamper* sederhana (tanpa baterai) terdiri atas sebuah R, D, dan C terlihat pada gambar berikut [18].

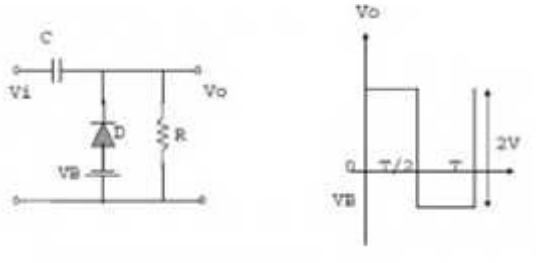


Gambar 2.17 Rangkaian *Clamper* Sederhana [18]

Di samping itu arah penggeseran juga bisa dibuat ke arah positif dengan cara membalik arah diode.



Gambar 2.18 Rangkaian *Clamper* Negatif [18]



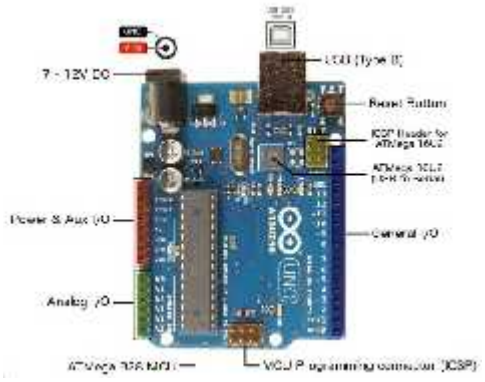
Gambar 2.19 Rangkaian Clamper Positif [18]

2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah otak dari suatu sistem elektronika seperti halnya mikroprosesor sebagai otak komputer. Mikrokontroler memiliki memori dan Port *Input/Output* dalam suatu kemasan IC yang kompak. Kemampuannya yang *programmable*, fitur yang lengkap (ADC internal, EEPROM internal, Port I/O, Komunikasi Serial, RAM, dll) [19]. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah komputer kecil pada satu sirkuit terpadu yang berisi prosesor inti, memori, dan perangkat *input*/*output* yang dapat diprogram, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data [20].

Arduino adalah mikrokontroler papan tunggal yang dirancang untuk membuat proses penggunaan elektronika dalam proyek multi disiplin lebih mudah diakses. Perangkat keras terdiri dari papan *hardware open source* sederhana yang dirancang di sekitar *Atmel AVRmicrocontroller* 8 bit, perangkat lunak terdiri dari kompiler bahasa pemrograman standar dan sebuah *boot loader* yang dijalankan pada mikrokontroler. Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan objek interaktif yang berdiri sendiri atau dapat dihubungkan ke komputer, jaringan, atau bahkan Internet untuk mengambil dan mengirim data ke dan dari Arduino, dan kemudian bertindak berdasarkan data tersebut. Arduino terdiri dari mikroprosesor Atmel AVR, kristal atau osilator dan regulator tegangan 5V. Bergantung pada jenis

Arduino yang Anda miliki, mungkin juga ada soket USB yang memungkinkannya terhubung ke *Personal Computer* atau *Mac* untuk mengunggah atau mengambil data. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C [21]. Berikut adalah salah satu dari beberapa jenis arduino.



Gambar 2.20 Mikrokontroler Arduino UNO R3

Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (*datasheet*). Arduino UNO mempunyai 14 *pin* digital *input/output* (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau menyuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya [22].

Arduino UNO berbeda dari semua *boar*d Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan *chip driver* FTDI USB-to-serial. Sebaliknya, fitur-fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial [22].

Spesifikasi

Deskripsi	Arduino Mega 2560	Arduino UNO R3	Arduino Nano 3
Chip Mikrokontroler	ATmega2560	ATmega328P	ATmega328P
Tegangan Operasi	5V atau 3.3V	5V	5V
Tegangan Input (rekomendasi via Jack DC)	7V - 12V	7V - 12V	
Tegangan Input (limit via Jack DC)	6V - 20V	6V - 20V	
Digital I/O Pin	54 pin, 5 diantaranya PWM	14 pin, 6 diantaranya PWM	14 pin, 6 diantaranya PWM
Analog Input Pin	16 pin	6 pin	8 pin
Arus DC per Pin I/O	20mA	40mA	20mA
Arus DC Pin 3.3V	50mA	50mA	-
Memory Flash	256KB, 8KB untuk Bootloader	32KB, 0.5KB untuk Bootloader	32KB, 0.5KB untuk Bootloader
SRAM	8KB	2KB	2KB
EEPROM	4KB	1KB	1KB
Clock Speed	16MHz	16MHz	16MHz
Dimensi	101.5mm x 53.4mm	68.6mm x 53.4mm	45mm x 18mm
Berat	37 g	25 g	5 g

Gambar 2.21 Perbandingan Arduino Mega 2560, UNO R3 & Nano 3

2.8 *Software* Arduino (IDE)

IDE (*Integrated Developtment Environment*) merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui *software* inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara *compiler* Arduino dengan mikrokontroler [23].

Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan *library* C/C++ yang biasa disebut *Wiring* yang membuat operasi

input dan *output* menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari *software Processing* yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino [23].



Gambar 2.22 Antarmuka Arduino IDE

Program yang ditulis dengan menggunaan Arduino Software (IDE) disebut sebagai *sketch*. *Sketch* ditulis dalam suatu *editor* teks dan disimpan dalam *file* dengan ekstensi .ino. Teks *editor* pada Arduino *Software* memiliki fitur seperti *cutting/paste* dan *searching/replacing* sehingga memudahkan kamu dalam menulis kode program [23].

2.9 *Embedded System*

Sistem Benam (*Embedded System*) adalah sistem yang memiliki perangkat lunak tertanam ke dalam komputer-*hardware*, yang membuat sebuah sistem yang didedikasikan untuk aplikasi atau spesifik bagian dari aplikasi atau produk atau bagian dari sistem yang lebih besar. Sistem Benam adalah salah satu yang memiliki perangkat lunak khusus tujuan yang tertanam dalam *hardware* komputer. Kata benam (*embedded*) menunjukkan bahwa sistem ini merupakan bagian yang tidak

dapat berdiri sendiri. Contoh sistem atau aplikasinya antara lain adalah instrumentasi medik, *process control*, *automated vehicles control*, dan perangkat komunikasi. Sistem benam biasanya diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler [24].

2.10 Motor Listrik DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*. Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur tegangan dinamo dan arus medan, tegangan dinamo berfungsi sebagai meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan sedangkan arus medan menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan. Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut [25].

Bagian Atau Komponen Utama Motor DC

- Kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi ruang terbuka di antara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnetik.

- *Current* Elektromagnet atau Dinamo. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi.
- *Commutator*. Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

Berikut adalah jenis motor listrik dc yang digunakan dalam penelitian ini,

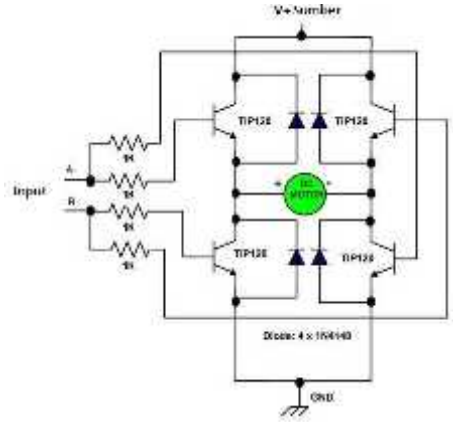


Gambar 2.23 Motor DC Power Window

2.11 *Driver* Motor DC *H-Bridge* Transistor

Rangkaian *driver* motor DC *H-Bridge* transistor ini dapat mengendalikan arah putaran motor DC dalam 2 arah dan dapat dikontrol dengan metode PWM (*Pulse Width Modulation*) maupun metode sinyal logika dasar TTL (*High*) dan (*Low*). Untuk pengendalian motor DC dengan metode PWM maka dengan rangkaian *driver* motor DC ini kecepatan putaran motor DC dapat dikendalikan dengan baik. Apabila menggunakan metode logika TTL 0 dan 1 maka rangkaian ini hanya dapat

mengendalikan arah putaran motor DC saja dengan kecepatan putaran motor DC maksimum. Rangkaian *driver* motor DC *H-Bridge* ini menggunakan rangkaian jembatan transistor 4 unit dengan protesi impuls tegangan induksi motor DC berupa dioda yang dipasang paralel dengan masing-masing transistor secara *reverse* bias [26].



Gambar 2.24 Rangkaian *Driver* Motor DC *H-Bridge* Transistor

Driver motor DC dengan metode PWM (*Pulse Width Modulation*) dapat mengendalikan arah putaran motor DC dan kecepatan motor DC menggunakan pulsa PWM yang diberikan ke jalur *input* A dan B, di mana konfigurasi sinyal kontrol sebagai berikut [26].

- Untuk mengendalikan arah putar motor DC searah jarum jam dengan kecepatan dikendalikan pulsa PWM maka jalur *input* B selalu diberikan logika TTL 0 (Low) dan jalur *input* A diberikan pulsa PWM [26].
- Untuk mengendalikan arah putar motor DC berlawanan arah jarum jam dengan kecepatan dikendalikan pulsa PWM maka jalur *input* A selalu diberikan logika TTL 0 (Low) dan jalur *input* B diberikan pulsa PWM [26].

2.12 Catu Daya

Catu Daya atau sering disebut dengan Power Supply adalah sebuah perangkat yang berguna sebagai sumber listrik untuk perangkat lain. Pada dasarnya Catu Daya bukanlah sebuah alat yang menghasilkan energi listrik saja, namun ada beberapa Catu Daya yang menghasilkan energi mekanik, dan energi yang lain. Daya untuk menjalankan peralatan elektronik dapat diperoleh dari berbagai sumber. Baterai dapat menghasilkan suatu GGL (Gaya Gerak Listrik) DC dengan reaksi kimia. Foton dari panas atau cahaya yang berasal dari matahari dapat diubah menjadi energi listrik dc oleh sel-foto (*photocell*). Sel bahan bakar menggabungkan gas hidrogen dan oksigen dalam suatu elektrolit untuk menghasilkan GGL DC. Catu daya adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik ke level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada pengubahan daya listrik [27].