

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Mikrokontroler Arduino Uno

##### 2.1.1 Pengertian Mikrokontroler



**Gambar 2. 1** Mikrokontroler

(Sumber: <https://www.immersa-lab.com/> )

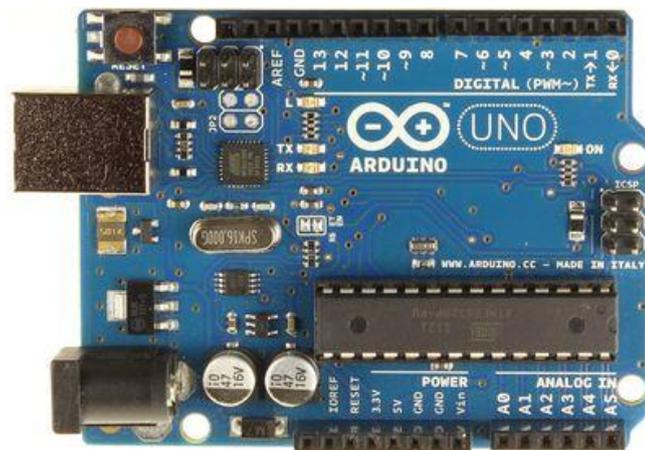
Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (Integrated Circuit) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur Input/Output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan komputer. Pada computer kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi. Pada PC berbagai macam software yang

disimpan pada media penyimpanan dapat dijalankan, tidak seperti mikrokontroler hanya terdapat satu software aplikasi.

Seperti umumnya komputer, mikrokontroler adalah alat yang mengerjakan instruksi yang diberikan kepadanya. Artinya, bagian terpenting dan utama dari suatu sistem terkomputerisasi adalah program itu sendiri yang dibuat oleh seorang programmer. Selain itu, masing-masing mikrokontroler mempunyai cara dan bahasa pemrograman yang berbeda, sehingga program untuk suatu jenis mikrokontroler tidak dapat dijalankan pada jenis mikrokontroler lain. [2]

### 2.1.2 Pengertian Mikrokontroler Arduino Uno



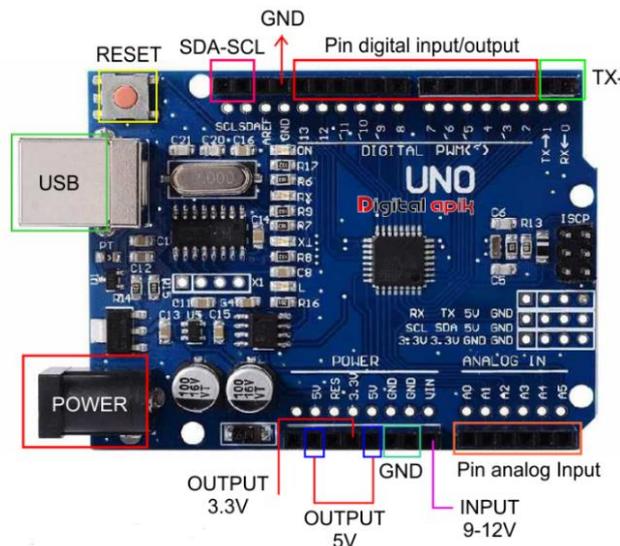
**Gambar 2. 2** Arduino UNO

(Sumber: <https://ndoware.com/>)

Pada dasarnya Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang didalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang biasa di program dengan komputer tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Arduino sendiri terdiri dari beberapa jenis, antara lain Arduino Uno, Arduino Mega 2560, Arduino Fio dan sebagainya. Pada tugas akhir ini, akan digunakan Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler.

Arduino Uno R3 adalah seri terakhir dan terbaru dari seri Arduino Uno. Modul ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler untuk bekerja, tinggal colokkan ke power supply atau sambungkan melalui kabel USB ke PC, Arduino Uno ini sudah siap bekerja.[3]

### 2.1.3 Pin-Pin pada Mikrokontroler Arduino Uno R3



**Gambar 2. 3** Pin-Pin pada Mikrokontroler Arduino UNO R3

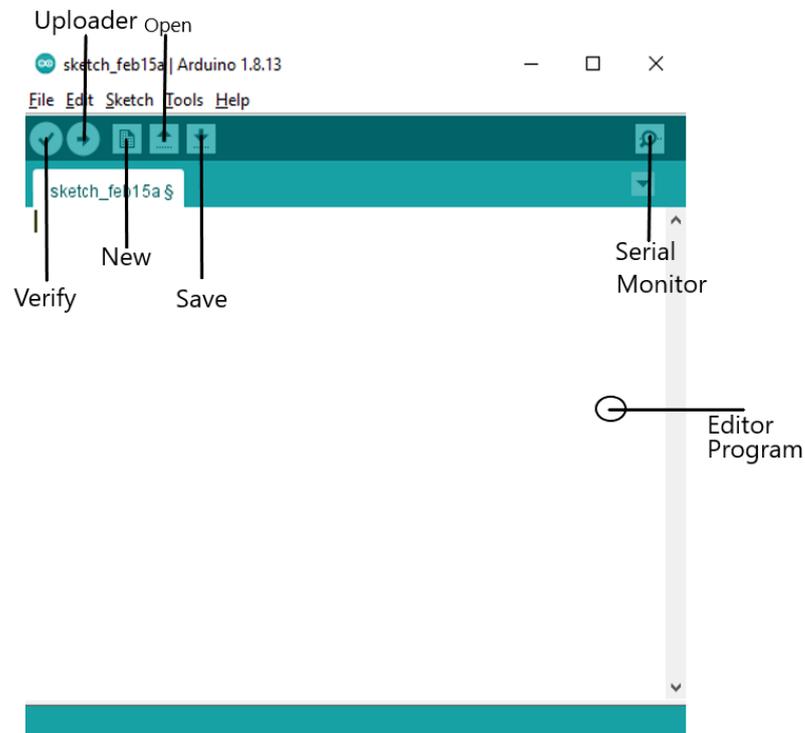
(Sumber: <https://pintarelektro.com/>)

Jumlah input/output ada 14 pin, 6 pin output PWM, 6 pin input analog, 16MHz osilator Kristal, koneksi USB. Dalam Pin berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, penghubung ke komputer menggunakan USB. Sedangkan untuk catu daya bisa menggunakan baterai atau adaptor AC-DC. Fitur Board arduino yaitu memiliki 1,0 pin out: SDA dan SCL serta circuit yang lebih kuat.[4]

### 2.1.4 Software Mikrokontroler Arduino Uno

Software arduino yang digunakan adalah driver dan IDE, walaupun masih ada beberapa software lain yang sangat berguna selama pengembangan arduino. IDE atau Integrated Development Environment merupakan suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program

untuk papan Arduino. IDE arduino merupakan software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan java.[5]



**Gambar 2. 4** Tampilan Arduino IDE

(Sumber: Doc. pribadi)

Keterangan :

a. Editor Program

Sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.

b. Verify

Mengecek kode sketch yang error sebelum mengupload ke board arduino.

c. Uploader

Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan arduino.

d. New

Membuat sebuah sketch baru.

e. Open

Membuka daftar sketch pada sketchbook arduino.

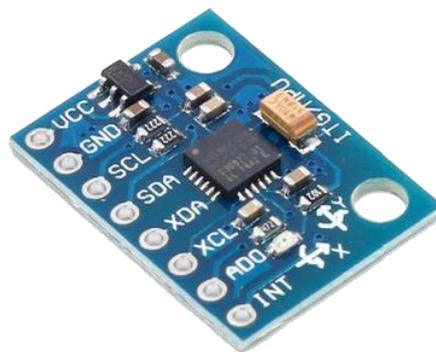
f. Save

Menyimpan kode sketch pada sketchbook.

g. Serial Monitor

Menampilkan data serial yang dikirimkan dari board arduino.

## 2.2 Sensor MPU 6050 Accelerometer dan Gyroscope



**Gambar 2. 5** Sensor MPU 6050

(Sumber: <https://circuits-diy.com/>)

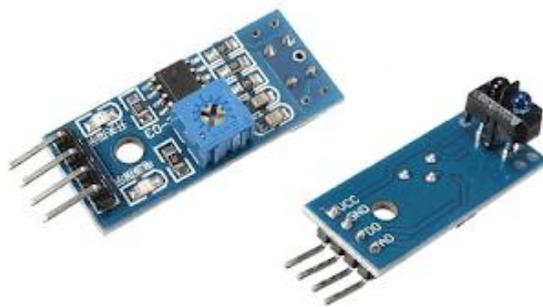
Sensor MPU6050 adalah sensor mampu membaca kemiringan sudut berdasarkan data dari sensor accelerometer dan sensor gyroscope. Sensor ini juga dilengkapi oleh sensor suhu yang dapat digunakan untuk mengukur suhu dikeadaan sekitar. Jalur data yang digunakan pada sensor ini adalah jalur data I2C.

Gyroscope adalah suatu piranti elektronik yang berfungsi untuk mengukur kecepatan sudut dengan satuan ( $^{\circ}/s$ ) yang dialami oleh suatu benda pitch, roll dan yaw. Sedangkan sensor accelerometer adalah piranti elektronik yang berguna untuk mengukur percepatan yang terjadi pada suatu objek. Cara menerapkan sensor accelerometer untuk mendapatkan posisi dari suatu benda dengan melakukan percepatan itu sendiri sebanyak dua kali terhadap waktu

MPU-6050 Module adalah sebuah modul berinti MPU-6050 yang merupakan 6 axis Motion Processing Unit dengan penambahan regulator tegangan dan beberapa komponen pelengkap lainnya yang membuat modul ini siap dipakai dengan tegangan supply sebesar 3-5VDC. Modul ini memiliki interface I2C yang dapat disambungkan langsung ke MCU yang memiliki fasilitas I2C.

Sensor MPU-6050 berisi sebuah MEMS Accelerometer dan sebuah MEMS Gyro yang saling terintegrasi. Sensor ini sangat akurat dengan fasilitas hardware internal 16 bit ADC untuk setiap kanalnya. Sensor ini akan menangkap nilai kanal axis X, Y dan Z bersamaan dalam satu waktu. [6]

### 2.3 Sensor TCRT 5000

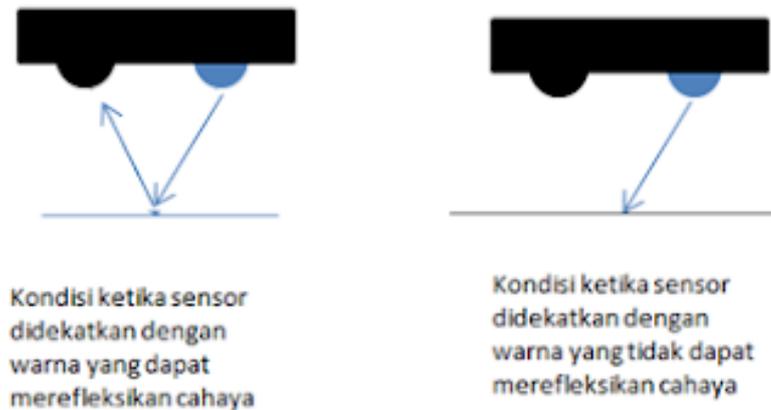


**Gambar 2. 6** Sensor TCRT 5000

(Sumber: <https://papermindvention.blogspot.com/>)

Modul sensor infrared TCRT5000 ini terdiri dari berbagai komponen yaitu sensor inframerah TCRT5000, IC LM393, potensiometer, komparator, dan 2 buah LED.

Sensor ini mempunyai 2 sensor infrared yang berfungsi sebagai pemancar dan penerima, led kecil berwarna biru berfungsi sebagai pemancar cahaya dan led kecil berwarna hitam berfungsi sebagai penerima cahaya. Cara kerja sensor ini dapat dilihat pada gambar 2.7.



**Gambar 2. 7** Cara kerja sensor TCRT 5000

(Sumber: <https://papermindvention.blogspot.com/>)

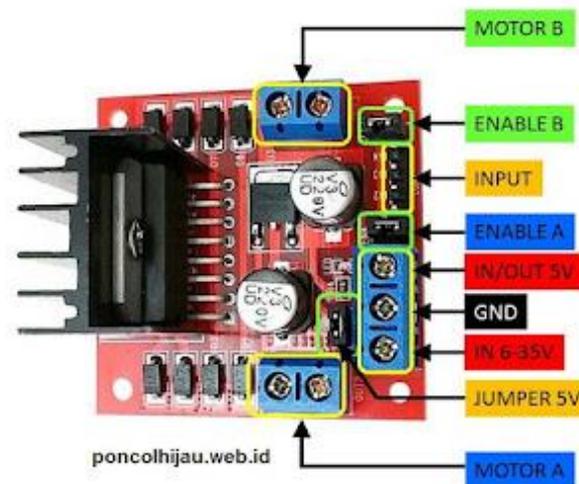
Dari gambar diatas dapat kita pahami bahwa ketika sensor dihadapkan dengan benda yang dapat merefleksikan cahaya maka cahaya, maka cahaya akan diteruskan kepada sensor receiver. Jika sensor dihadapkan dengan benda yang tidak dapat merefleksikan cahaya, maka cahaya InfraRed tidak akan diteruskan.

Dari hasil percobaan yang dilakukan, keluaran dari sensor akan bernilai high ketika dihadapkan dengan warna yang tidak dapat merefleksikan cahaya, misalnya dengan warna hitam. kemudian pada saat dihadapkan dengan benda/warna yang dapat merefleksikan cahaya keluaran dari sensor bernilai LOW.

Potensiometer pada modul ini digunakan sebagai pengatur sensibilitas dengan cara memberikan batas tengah pada keluaran sensor TCRT5000 yang nantinya akan masuk ke IC LM393. Potensiometer dapat diatur sesuai dengan kondisi pengaplikasian modul, jika modul digunakan di tempat dengan intensitas cahaya yang kecil maka potensiometer bisa dikecilkan agar modul menjadi lebih peka.

IC LM393 merupakan komparator yang berfungsi sebagai pembanding antara dua nilai masukan yaitu keluaran yang dihasilkan oleh sensor TCRT5000 dan keluaran yang dihasilkan oleh potensiometer, keluaran dari komparator memiliki nilai HIGH dan LOW tergantung dari hasil perbandingan kedua masukan tersebut. Modul memiliki 2 buah LED yang memiliki fungsi berbeda. LED pertama berfungsi sebagai indikator power dan LED kedua berfungsi sebagai indikator dari perubahan nilai yang dihasilkan modul (HIGH dan LOW).[7]

#### 2.4 Driver Motor L298N



**Gambar 2. 8** Driver Motor L298N

(Sumber: <http://www.poncolhijau.web.id/>)

Driver motor L298N merupakan module driver motor DC yang paling banyak digunakan di dunia elektronika yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. IC L298 merupakan sebuah IC tipe H-bridge yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. Pada IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang nand yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc maupun motor stepper. Untuk dipasaran sudah terdapat modul driver motor menggunakan ic l298 ini, sehingga lebih praktis dalam

penggunaannya karena pin I/O nya sudah terpackage dengan rapi dan mudah digunakan.

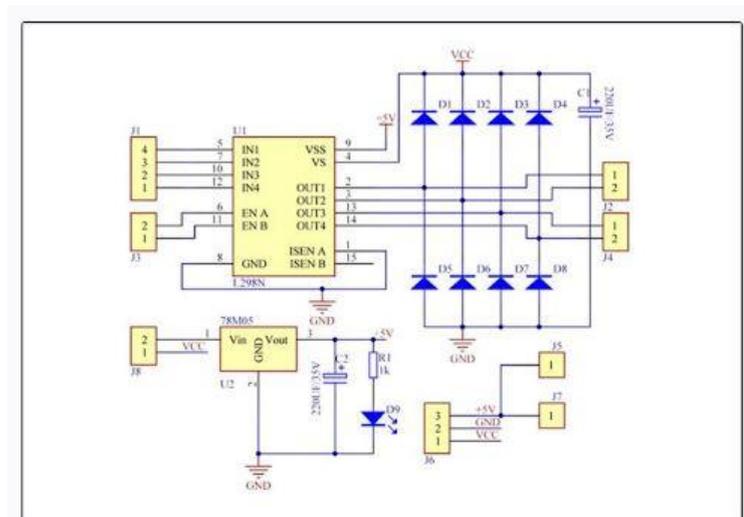
Kelebihan akan modul driver motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol. mampu mengeluarkan output tegangan untuk Motor dc dan motor stepper sebesar 50 volt. IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang nand yang memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc dan motor stepper. Dapat mengendalikan 2 untuk motor dc namun pada hanya dapat mengendalikan 1 motor stepper.

Sesuai dengan namanya, Module L298N Dual H-Bridge Driver Motor ini berfungsi untuk "mendrive" atau menyetir atau dengan kata lain mempermudah kita dalam urusan mengontrol motor DC menggunakan mikrokontroler. Kita tau bahwa logic level output dari mikrokontroler yaitu 3.3V dan 5V dengan arus yang sangat terbatas, sehingga kita tidak bisa mengendalikan motor secara langsung apalagi motor tersebut membutuhkan level tegangan dan arus yang lebih besar. Oleh sebab itu dalam mengendalikan motor menggunakan mikrokontroler maka diperlukan sebuah Driver. Driver L298N Memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Type: Dual H-Bridge, Atau dapat kita katakan bahwa dengan Module Driver ini kita dapat mengontrol dua buah motor sekaligus
- IC Driver: L298N.
- Logic voltage: 5V, Yang artinya untuk mengontrol Module Driver ini butuh logic kontrol tengan tegangan 5V (jika HIGH maka setara dengan 5V atau 0V ketika berlogika LOW).
- Drive voltage: 5-35V DC, yang artinya kita bisa mengendalikan motor DC dengan tegangan antara 5-35V.
- Logical current: 0mA-36mA, artinya arus dari logic tegangan cukup hanya 0mA sampai dengan 36mA (contoh arus dari Pin Digital arduino maksimal adalah 40mA yang artinya lebih dari cukup).

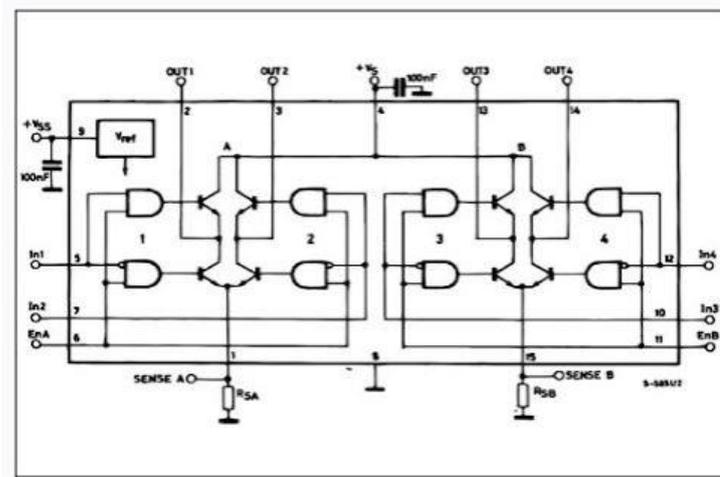
- Driving current: 2A (MAX single bridge) Artinya Modul ini mampu untuk mendrive motor DC dengan arus mencapai 2A dengan syarat hanya menggunakan satu motor saja.
- Temperatur: -20 C – 135 C, Module ini mampu bekerja di suhu -20°C sampai 135°C menurut datasheet (Sebagai acuan, air membeku pada suhu 0°C dan mendidih pada suhu 100°C).
- Power maksimum: 25W, Artinya daya yang mampu di-drive oleh Driver motor L298N ini adalah sebesar maksimum 25W.
- Berat: 30g.
- Ukuran : 43mm x 43mm x 27mm, cukup berukuran minimalis dan memiliki desain yang menarik juga kokoh.[8]

Komponen lengkap dan skema rangkaian dari *Driver* motor L298N dapat dilihat pada gambar 2.8 dan 2.9.



**Gambar 2. 9** Komponen Driver Motor L298N

(Sumber : [www.mahirelektro.com](http://www.mahirelektro.com))



**Gambar 2. 10** Skema Rangkaian Driver Motor L298N

(Sumber : [www.mahirelektro.com](http://www.mahirelektro.com))

Cara kerja driver motor L298N adalah sebagai berikut :

1. Input1 dan Input 2 digunakan untuk mengontrol Motor 1. Motor hanya akan berputar apabila Enable A diberikan Logika HIGH. Apabila pin enable diberikan logika Low motor tidak akan berputar.
2. Apabila Input 1 High dan Input 2 Low maka motor akan berputar dengan arah tertentu.
3. Apabila Input 1 Low dan Input 2 High maka motor akan berputar kearah sebaliknya.
4. Apabila Input 1 dan 2 logikanya sama High atau Low maka Motor tidak akan berputar.
5. Input3 dan Input 4 digunakan untuk mengontrol Motor 2. Motor hanya akan berputar apabila Enable B diberikan Logika HIGH. Apabila pin enable diberikan logika Low motor tidak akan berputar.
6. Apabila Input 3 High dan Input 4 Low maka motor akan berputar dengan arah tertentu.
7. Apabila Input 3 Low dan Input 4 High maka motor akan berputar kearah sebaliknya.

8. Apabila Input 3 dan 4 logikanya sama High atau Low maka Motor tidak akan berputar.
9. Putaran motor searah jarum jam disebut CW (Clock Wise) sedangkan putaran motor yang berlawanan arah jarum jam disebut CCW (Counter Clock Wise)
10. Capacitor 1 dan 2 berfungsi sebagai Decoupling untuk menghilangkan tegangan liar yang berasal dari power supply. Sedangkan 8 buah dioda 1N4007 berfungsi sebagai Proteksi terhadap induksi yang diakibatkan oleh perubahan putaran motor secara tiba-tiba

## 2.5 Motor DC



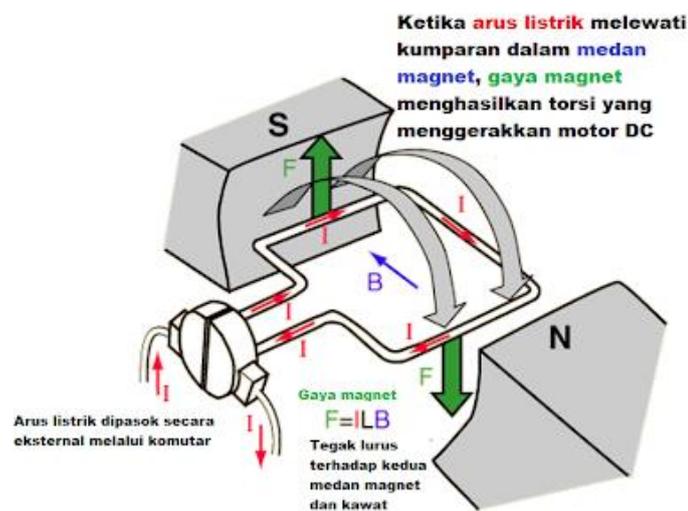
**Gambar 2. 11** DC Motor

(Sumber: <https://biggo.id/>)

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Motor DC dapat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritasnya dibalik. Kumparan 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/directunidirectional. Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi.

Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih 23 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. Pada motor, kawat penghantar listrik yang bergerak tersebut pada dasarnya merupakan lilitan yang berbentuk persegi panjang yang disebut kumparan.

### 2.5.1 Prinsip kerja Motor DC



**Gambar 2. 12** Prinsip Kerja Motor DC

(Sumber: <https://www.webstudi.site/>)

Pada sebuah motor DC terdapat dua bagian utama yakni rotor dan stator. Rotor adalah bagian pada motor DC yang berputar. Bagian ini terdiri dari kumparan jangkar. Sedangkan stator adalah bagian pada motor DC yang diam alias tidak bergerak. Bagian ini terdiri dari rangka dan juga kumparan medan. Dan dari dua bagian utama motor DC tadi masih bisa dibagi bagi menjadi banyak bagian lain seperti Yoke (kerangka magnet), Field winding (kumparan medan magnet), Poles

(kutub motor), Armature Winding (Kumparan Jangkar), Brushes (kuas/sikat arang), dan juga Commutator (Komutator).

Prinsip kerja dari motor DC sebenarnya sangat sederhana, yakni menggunakan prinsip elektromagnetik dimana pada saat arus listrik diberikan, maka permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak ke selatan, dan permukaan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak ke utara dan menghasilkan sebuah putaran. Dan pada saat arus berhenti dialirkan, kutub utara kumparan akan bertemu kutub selatan magnet dan menyebabkan saling tarik menarik sehingga motor berhenti berputar .

### **2.5.2 Kelebihan Motor DC**

Keuntungan utama motor DC adalah dalam hal pengendalian kecepatan motor DC tersebut, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur :

- Tegangan kumparan motor DC – meningkatkan tegangan kumparan motor DC akan meningkatkan kecepatan
- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan rolling mills, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya.[8]

## 2.6 Baterai Li-Ion (Lithium-Ion)



**Gambar 2. 13** Baterai Li-Ion

(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/>)

Baterai jenis Li-Ion (Lithium-Ion) merupakan jenis baterai yang paling banyak digunakan pada peralatan Elektronika portabel seperti Digital Kamera, Handphone, Video Kamera ataupun Laptop. Baterai Li-Ion memiliki daya tahan siklus yang tinggi dan juga lebih ringan sekitar 30% serta menyediakan kapasitas yang lebih tinggi sekitar 30% jika dibandingkan dengan Baterai Ni-MH. Baterai Li-Ion lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung zat berbahaya Cadmium. Sama seperti Baterai Ni-MH (Nickel- Metal Hydride), Meskipun tidak memiliki zat berbahaya Cadmium, Baterai Li-Ion tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan Lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan daur ulang (recycle) dan tidak boleh dibuang di sembarang tempat.

Baterai ion litium (biasa disebut Baterai Li-ion atau LIB) adalah salah satu anggota keluarga baterai isi ulang (rechargeable battery). Di dalam baterai ini, ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali saat diisi ulang. Baterai Li-ion memakai senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya, berbeda dengan litium metalik yang dipakai di baterai litium non-isi ulang. Baterai ion litium umumnya dijumpai pada barang-barang elektronik konsumen. Baterai ini merupakan jenis baterai isi ulang yang paling populer untuk peralatan elektronik portabel, karena memiliki salah satu kepadatan energi terbaik, tanpa efek memori, dan mengalami kehilangan isi yang lambat saat tidak

digunakan. Selain digunakan pada peralatan elektronik konsumen, LIB juga sering digunakan oleh industri militer, kendaraan listrik, dan dirgantara.

Sejumlah penelitian berusaha memperbaiki teknologi LIB tradisional, berfokus pada kepadatan energi, daya tahan, biaya, dan keselamatan intrinsik biaya, dan keselamatan jenis. Karakteristik kimiawi, kinerja, jenis LIB cenderung bervariasi. Barang elektronik genggam biasa nya memakai LIB berbasis litium kobalt oksida (LCO) yang memiliki kepadatan energi tinggi, namun juga memiliki bahaya keselamatan yang cukup terkenal, terutama ketika rusak.

Litium besi fosfat (LFP), litium mangan oksida kobalt oksida (LMO), dan litium nikel mangan (NMC) memiliki kepadatan energi yang lebih rendah, tetapi hidup lebih lama dan keselamatannya lebih kuat. Bahan kimia ini banyak dipakai oleh peralatan listrik, perlengkapan medis, dan lain industri otomotif. lain. NMC adalah pesaing utama di Litium nikel kobalt alumunium oksida (LTO) adalah desain khusus yang ditujukan pada kegunaan Dengan demikian dapat disi (NCA) dan litium titanat kegunaan tertentu.

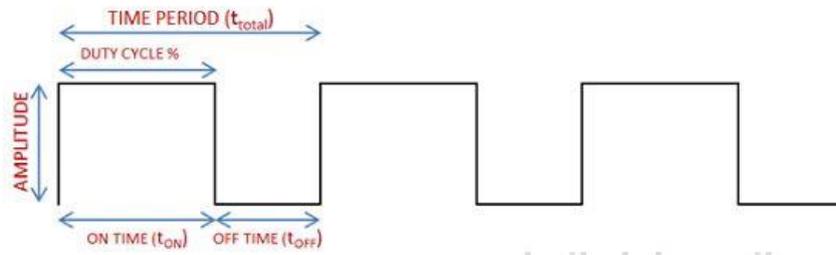
Dengan demikian dapat bahwa Baterai Li-On memiliki keunggulan yang baik seperti memiliki daya yang lebih besar, perawatan lebih mudah dan tidak memiliki efek memori, lebih tahan lama bisa sampai ratusan kali isi ulang, dan sangat cocok untuk perangkat alat elektronik dan alat-alat elektronika yang membutuhkan daya yang lebih besar dan hemat pemakaian.[8]

### **2.1. Pulse Width Modulation (PWM)**

Pulse Width Modulation (pwm) atau modulasi lebar pulsa, adalah teknik pengubahan sinyal digital berupa gelombang kotak (square wave) dimana duty cycle dari gelombang kotak tersebut dapat diatur sesuai dengan kebutuhan sistem.[9]

Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun duty cycle bervariasi (antara 0%

hingga 100%). Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa pengendalian kecepatan motor DC, Pengendalian Motor Servo, Pengaturan nyala terang LED.[10]



**Gambar 2. 14** Pulse Width Modulation

(Sumber : <https://teknikelektronika.com>)

$$Duty\ cycle = \frac{T_{ON}}{T_{ON}+T_{OFF}}$$

Dimana :

$T_{ON}$  = Waktu tegangan keluaran *HIGH* atau 1.

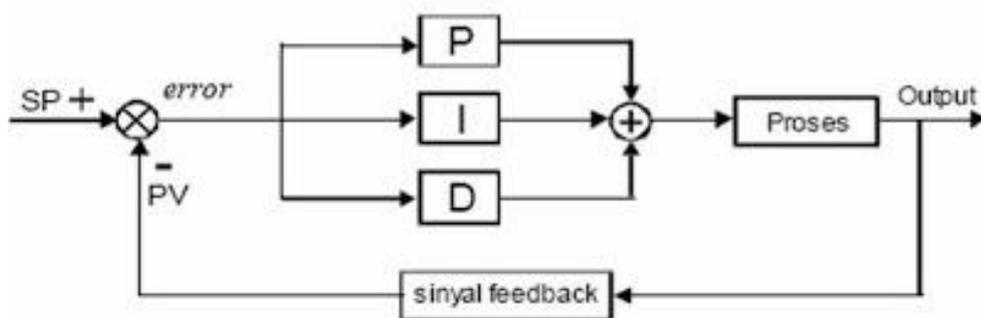
$T_{OFF}$  = Waktu tegangan keluaran *LOW* atau 0.

Untuk mengatur nilai *duty cycle*, kita gunakan fungsi `analogWrite([nomorPin], [nilai])`. Nilai pada parameter kedua berkisar antara 0 hingga 255. Bila kita hendak mengeset *duty cycle* ke 0%, maka mengatur nilai parameter ke 0, dan untuk *duty cycle* 100%, maka mengatur nilai parameter ke 255. Jadi apabila ingin mengatur *duty cycle* ke 50%, berarti nilai yang harus diatur adalah 127 (50% x 255).

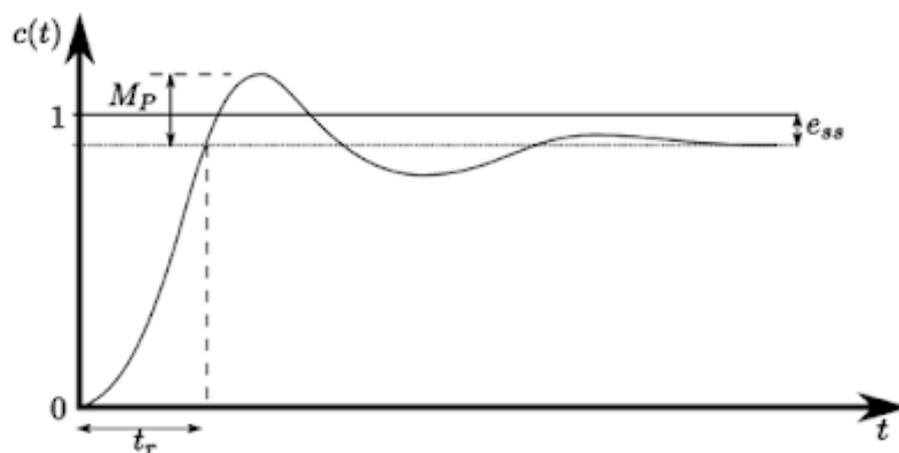
Sebenarnya berdasarkan konsep PWM di atas, kita dapat mensimulasikan PWM pada semua pin digital. Tapi khusus penggunaan fungsi `digitalWrite()` kita hanya bisa menggunakannya pada pin-pin PWM. Seperti pada Arduino Uno, pin yang dapat menggunakan fungsi ini hanya pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11. Biasanya pin PWM disimbolkan dengan karakter '~'.

## 2.2. Kendali PID

Kendali PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan suatu sistem kontrol yang menggunakan umpan balik (*feedback*) sebagai penentu presisi suatu sistem instrumensasi. Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah pengaturan yaitu P (*Proportional*), I (*Integral*), dan D (*Derivative*). Pengaturan parameter KP, KI, dan KD akan mempengaruhi kerja sistem, maka dari itu perlu pengaturan parameter yang tepat agar sistem dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Berikut adalah gambar diagram blok PID dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 15 Diagram Blok PID[13]



Gambar 2. 16 Respon Sistem PID

(Sumber : [www.robotics-university.com](http://www.robotics-university.com))

Dari Gambar 2.18 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. SP = Set Point, secara simple maksudnya ialah suatu parameter nilai acuan atau nilai yang kita inginkan.
2. PV = Present Value, maksudnya ialah nilai bobot pembacaan sensor saat itu atau variabel terukur yang diumpan balikkan oleh sensor (sinyal feedback dari sensor).
3. Error = nilai kesalahan, yakni deviasi atau simpangan antar variabel terukur atau bobot sensor (PV) dengan nilai acuan (SP).