

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1.2 Arduino**

Adalah pengendali *mikro single-board* yang bersifat *open-source*, yang mana perangkat keras dan perangkat lunaknya fleksibel serta bebas untuk dimodifikasi. *Arduino* diperuntukkan bagi para seniman, desainer, dan siapapun yang tertarik dalam membuat objek atau sistem yang interaktif (Andrianto, H & Darmawan, A, 2016).

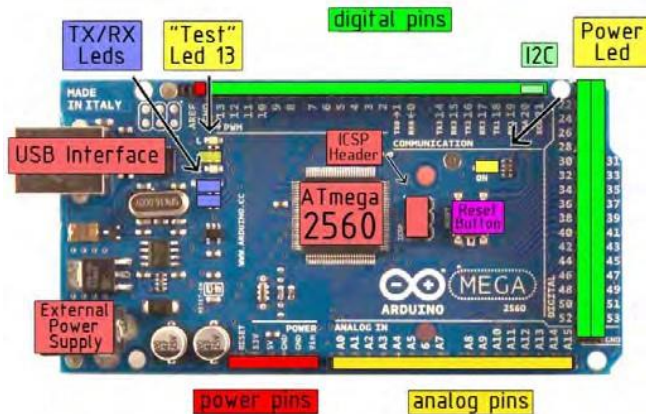
Arduino pada awalnya dikembangkan di Ivrea, Italia. Nama arduino memiliki arti teman yang kuat. *Platform* Arduino terdiri dari *Arduino board*, *Arduino shield*, bahasa pemrograman Arduino, dan *Arduino IDE (Integrated Development Environment)*. *Arduino board* biasanya mempunyai sebuah chip dasar mikrokontroler Atmel AVR ATmega8 beserta turunannya. *Arduino shield* merupakan sebuah papan yang bisa dipasang di atas *Arduino board* untuk menambah kemampuan dari *Arduino board* (Andrianto, H & Darmawan, A, 2016). *Arduino IDE* adalah perangkat lunak yang dipakai untuk menulis dan meng-*compile* program untuk Arduino. *Arduino IDE* juga digunakan untuk mengupload program yang telah di-*compile* memori program *Arduino board* (Andrianto, H & Darmawan, A, 2016).

Semua papan Arduino bersifat *open-source*. Memberdayakan pengguna agar membangun secara independen dan akhirnya dapat menyesuaikannya dengan kebutuhan khusus mereka. Perangkat lunak Arduino juga *open-source*, dan terus berkembang melalui kontribusi dari pengguna diseluruh dunia. (Arduino, 2017).

#### **2.1.1 Mikrokontroler Arduino Mega 2560**

Arduino mega 2560 adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino adalah sebuah *board* mikrokontroller yang berbasis ATmega2560. Arduino memiliki 54 pin *input*

/output yang mana 14 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 *analog input*, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, kepala ICSP, dan tombol *reset*. Arduino mampu *men-support* mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Berikut gambar 2.1 adalah pin-pin pada kit arduino uno yang digunakan pada rancangan alat ini:

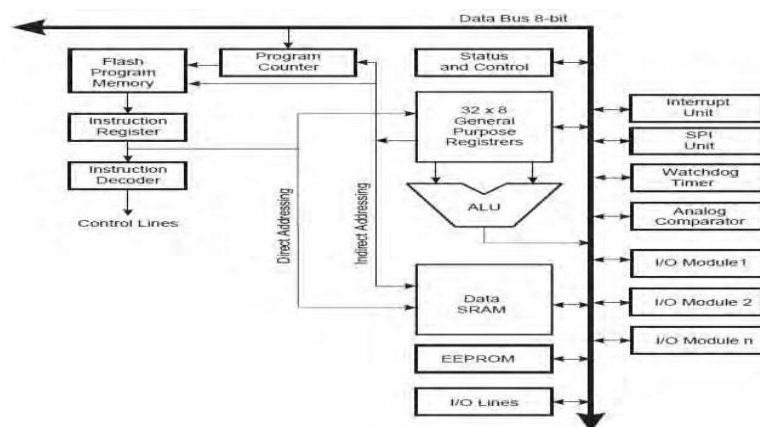


**Gambar 2.1 Board arduino mega2560[3]**

Pada gambar 2.1 terdapat 54 pin output/input yang mana 14 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 *analog input*, *crystal osilator* 16 MHz dan tombol *reset*. Arduino tersebut digunakan sebagai *chip* mikrokontroler ATmega2560, sebagai pengendali gerakan motor DC.[3]

### 2.1.1.1 Diagram Blok dan Fungsi PIN Pada Kit Arduino

Berikut gambar 2.2 adalah bentuk diagram blok dari kit arduino:



**Gambar2.2. Diagram Blok KIT arduino[3]**

Fungsi PIN pada kit Arduino Uno pada gambar 2.2 adalah sebagai berikut:

**a. PIN Power**

Arduino dapat diberikan *power* melalui koneksi USB atau *power supply*. *Power*nya diseleksi secara otomatis. PIN *power* terdapat pada kaki 1 sampai kaki 6.

**b. Power Supply**

*Power supply* dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok jack adaptor pada koneksi port input *supply*. *Board* arduino dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 6 - 20 volt. Jika *supply* kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada *board*. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 volt.

**Penjelasan pada pin *power* adalah sebagai berikut :**

➤ **Vin**

Tegangan input ke board arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika tegangan suplai menggunakan *power jack*, aksesnya menggunakan pin ini.

➤ **5V**

Regulasi *power supply* digunakan untuk *power* mikrokontroler dan komponen lainnya pada board. 5V dapat melalui Vin menggunakan regulator pada board, atau supply oleh USB atau *supply* regulasi 5V lainnya.

➤ **3V3**

Suplai 3.3 volt didapat oleh FTDI *chip* yang ada di board. Arus maksimumnya adalah 50 mA.

➤ **Pin Ground**

berfungsi sebagai jalur *ground* pada arduino.

### c. Memori

ATmega328 memiliki 32 KB flash memori untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk *bootloader*. ATmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM. *Input* dan *Output* Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. *Input/output* dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maximum 40 mA dan memiliki internal *pull-up* resistor (disconnected oleh default) 20 - 50 KOhms.

#### Beberapa pin memiliki fungsi sebagai berikut :

- Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB FTDI ke TTL *chip serial*.
- Interrupt eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.
- PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
- LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati.

### d. Konektor USB

Konektor USB adalah soket untuk kabel USB yang disambungkan ke komputer atau laptop. Berfungsi untuk mengirimkan program ke Arduino dan juga sebagai port komunikasi serial.

**e. Input / output digital**

Input / output digital adalah pin-pin untuk menghubungkan Arduino dengan komponen atau rangkaian digital. Input/Output digital pada KIT Arduino terdapat pada kaki 1 sampai kaki 13. Misalnya kalau ingin membuat LED berkedip, LED tersebut bisa dipasang pada salah satu pin I/O digital dan ground. Komponen lain yang menghasilkan output digital atau menerima input digital bisa disambungkan ke pin-pin ini.

**f. Input Analog**

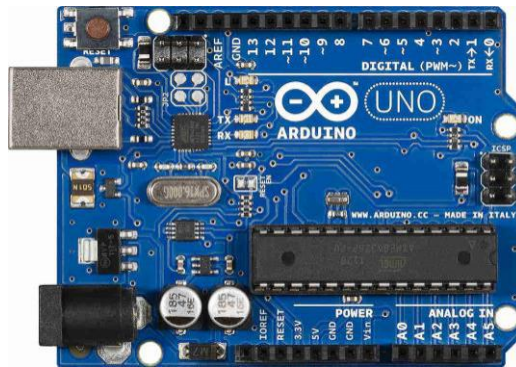
Input Analog atau analog pin adalah pin-pin yang berfungsi untuk menerima sinyal dari komponen atau rangkaian analog. Misalnya dari potensiometer, sensor suhu, sensor cahaya, dsb.

**g. Baterai /Adaptor**

Soket baterai atau adaptor digunakan untuk menyuplai Arduino dengan tegangan dari baterai/adaptor 9V pada saat Arduino sedang tidak disambungkan ke komputer. Kalau Arduino sedang disambungkan ke komputer melalui USB, Arduino mendapatkan suplai tegangan dari USB, jadi tidak perlu memasang baterai/adaptor saat memprogram Arduino.[3]

**2.1.2 Arduino Uno**

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 dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source.[2]



**Gambar 2.3 Arduino Uno[2]**

Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

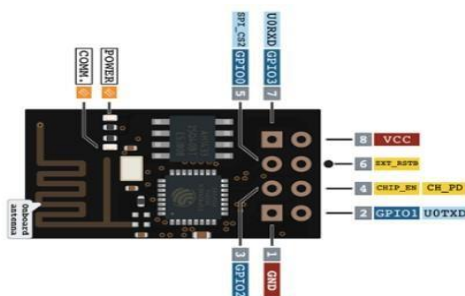
Arduino UNO biasa digunakan untuk membuat alat – alat yang sederhana dan tidak banyak menggunakan modul tambahan. Dengan ukuran yang relative kecil seperti yang terlihat pada Gambar 2.3 (Syahwil, 2014).[2]

## **2.2 Modul *wifi* ESP - 01**

Modul komunikasi ESP8266 ESP-01 merupakan modul yang memungkinkan mengakses mikrokontroler melalui internet. Modul ini tergolong *Stand Alone* atau SOC (System on Chip) yang tidak selalu membutuhkan mikrokontroler untuk mengontrol *Input Output* yang biasa dilakukan pada Arduino dikarenakan ESP-01 dapat bertindak sebagai mini komputer, tetapi dengan kondisi jumlah GPIO yang terbatas. Apabila ingin digabungkan dengan Arduino juga sangat memungkinkan sekali sebagai jembatan penghubung Arduino diakses melalui internet dalam hal ini melalui komunikasi *wifi*. ESP8266 dikembangkan oleh pengembang asal china yang bernama “espressif”.

Pada ESP8266 sendiri sudah memiliki GPIO (General Purpose Input Output), yang artinya ESP8266 ini bisa melakukan fungsi input atau output. Salah satu kelebihan ESP8266 adalah memiliki *DEEP SLEEP MODE*, sehingga penggunaan akan lebih efisien dalam hal sumber daya. ESP-01 memiliki tiga jenis

mode operasi yang perlu diketahui, yaitu *Station*, *Access Point* dan gabungan mode keduanya. Jika yang dipilih adalah mode AP (Access Point), berarti ESP-01 difungsikan sebagai akses *point wifi* (memiliki SSID sendiri), sehingga perangkat lain bisa terhubung dengan ESP-01. Mode ini mirip dengan *wifi tethering* yang dimiliki oleh smartphone. Namun, jika mode STA (station) yang dipilih, ESP-01 dapat terhubung dengan jaringan *wifi* yang tersedia oleh akses poin dari router, ataupun modem Mifi (seperti yang disediakan oleh *provider bolt* atau *andromax*, misalnya). Sehingga ESP-01 otomatis terhubung dengan jaringan internet, tentu jika ada internet aktif di jaringan tersebut. Sedangkan mode yang ketiga adalah gabungan dari AP dan STA.[4]

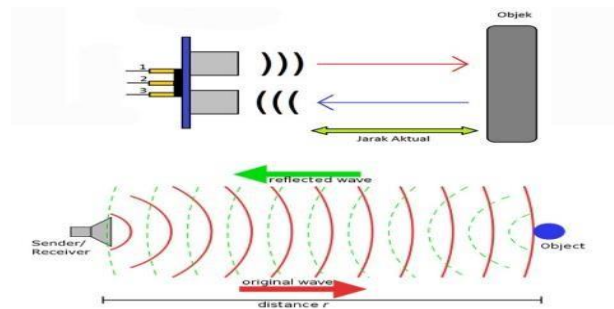


Gambar 2.4 Modul *wifi* ESP - 01<sup>[4]</sup>

### 2.3 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).

Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat di dengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair. Akan tetapi, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa.[3]



**Gambar 2.5** cara kerja sensor ultrasonik dengan transmitter dan receiver (atas), sensor ultrasonik dengan single sensor yang berfungsi sebagai transmitter dan receiver sekaligus [3]

#### 2.4 Sensor Kompas

Sensor kompas adalah alat yang berfungsi untuk mendeteksi gejala yang berasal dari perubahan energi medan magnet. Ada beberapa chip yang menyediakan kemampuan sensorik kompas digital, salah satu yang paling umum adalah HMC5883L yang ditunjukkan pada Gambar 2, chip kompas digital 3-sumbu. Kompas digital ini menggunakan sensor magnet untuk mengukur medan magnet bumi. Output dari sensor ini kemudian dapat diakses melalui satu set register (menggunakan protokol I2C) yang memungkinkan pengguna untuk mengatur parameter pengukuran seperti sample rate dan tipe pengukuran (one-shot atau continuous).[5]



**Gambar 2.6** Sensor Kompas HMC5883L [5]

#### 2.5 Buzzer

*Buzzer* adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loudspeaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan



tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap Gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).[5]

## 2.6 Driver Motor L298N

Driver motor L298N merupakan module driver motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai 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 tersusun 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. [7]

### 2.6.1 Motor DC

Motor Listrik DC atau DC Motor adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Seperti namanya, DC Motor memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk dapat menggerakannya. Motor Listrik DC ini biasanya digunakan pada perangkat-perangkat Elektronik dan listrik yang menggunakan sumber listrik DC seperti *Vibrator Ponsel*, Kipas DC dan Bor Listrik DC. [8]

## 2.7 Baterai Lipo

Baterai Lithium Polimer atau biasa disebut dengan LiPo merupakan salah satu jenis baterai yang sering digunakan dalam dunia RC. Utamanya untuk RC tipe pesawat dan helikopter. Tiga kelebihan yang ditawarkan oleh baterai berjenis LiPo dibanding baterai jenis NiCad atau NiMH yaitu:

1. Baterai LiPo memiliki bobot ringan dan dalam berbagai macam bentuk dan ukuran.
2. Baterai LiPo memiliki kapasitas penyimpanan energi listrik yang besar.
3. Baterai LiPo memiliki tingkat *discharge* rate energi yang tinggi, dimana hal ini sangat berguna sekali dalam bidang RC.

Selain keuntungan baterai jenis ini juga memiliki beberapa kelemahan yaitu:

1. Harga baterai LiPo tergolong mahal dibandingkan dengan baterai jenis NiCad dan NiMH,
2. Performa yang tinggi dari baterai LiPo harus dibayar dengan umur yang lebih pendek. Usia baterai LiPo sekitar 300-400 kali siklus pengisian ulang. Sesuai dengan perlakuan yang diberikan pada baterai.
3. Baterai LiPo menggunakan bahan elektrolit yang mudah terbakar.
4. Baterai LiPo membutuhkan penanganan khusus agar dapat bertahan lama. Charging, Discharging, maupun penyimpanan dapat mempengaruhi usia dari baterai jenis ini.

Baterai LiPo tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai LiPo dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Diluar dari kelebihan arsitektur baterai LiPo, terdapat juga kekurangan yaitu lemahnya aliran pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada charging dan discharging rate. Masalah ini sebenarnya bisa diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion menjadi lebih cepat, namun metode ini dianggap tidak dapat untuk diaplikasikan pada keadaan sehari-hari. Seandainya

para ilmuwan dapat memecahkan masalah ini maka risiko keamanan pada baterai jenis lithium akan sangat berkurang.



**Gambar 2.7 Baterai LiPo**

### 2.7.1 Tegangan (Voltage)

Pada baterai jenis NiCad atau NiMH tiap sel memiliki 1,2 volt sedangkan pada baterai Lipo memiliki rating 3,7 volt/sel. Keuntungannya adalah tegangan baterai yang tinggi dapat dicapai dengan menggunakan jumlah sel yang lebih sedikit.

Pada setiap paket baterai LiPo selain tegangan ada label yang disimbolkan dengan “S”. Disini “S” berarti sel yang dimiliki sebuah paket baterai (*battery pack*). Sementara bilangan yang berada didepan simbol menandakan jumlah sel dan biasanya berkisar antar 2-6S (meskipun kadang ada yang mencapai 10S).

Berikut adalah beberapa contoh notasi baterai LiPo.

3.7 volt battery = 1 cell x 3.7 volts

7.4 volt battery = 2 cells x 3.7 volts (2S)

11.1 volt battery = 3 cells x 3.7 volts (3S)

14.8 volt battery = 4 cells x 3.7 volts (4S)

18.5 volt battery = 5 cells x 3.7 volts (5S)

22.2 volt battery = 6 cells x 3.7 volts (6S)

### 2.7.2 Kapasitas (Capacity)

Kapasitas baterai menunjukkan seberapa banyak energi yang dapat disimpan oleh sebuah baterai dalam miliampere *hours* (mAh). Notasi ini adalah

cara lain untuk mengatakan seberapa banyak beban yang dapat diberikan kepada sebuah baterai selama 1 jam, dimana setelah 1 jam baterai akan benar-benar habis.

Sebagai contoh sebuah baterai RC LiPo yang memiliki rating 1000 mAh akan benar-benar habis apabila diberi beban sebesar 1000 miliampere selama 1 jam. Apabila baterai yang sama diberi beban 500 miliampere, maka baterai akan benar-benar habis setelah selama 2 jam. Begitu pun apabila beban ditingkatkan menjadi 15.000 miliampere (15 Amps) maka energi di dalam baterai akan habis terpakai setelah selama 4 menit saja. (15 Amp merupakan jumlah beban yang umum digunakan pada RC kelas 400). Seperti yang telah dijelaskan, dengan beban arus yang begitu besar maka merupakan sebuah keuntungan apabila menggunakan baterai dengan kapasitas yang lebih besar (misal 2000 mAh). Dengan begitu maka waktu *discharge* akan meningkat menjadi 8 menit.

### 2.7.3 *Discharge Rate*

*Discharge rate* biasa disimbolkan dengan "C" merupakan notasi yang menyatakan seberapa cepat sebuah baterai untuk dapat dikosongkan (*discharge*) secara aman. Sesuai dengan penjelasan diatas bahwa energi listrik pada baterai LiPo berasal dari pertukaran ion dari anoda ke katoda. Semakin cepat pertukaran ion yang dapat terjadi maka berarti semakin nilai dari "C".

Sebuah baterai dengan *discharge rate* 10C berarti baterai tersebut dapat di *discharge* 10 kali dari kapasitas baterai sebenarnya. begitu juga 15C berarti 15 kali, dan 20C berarti 20 kali. dsb.

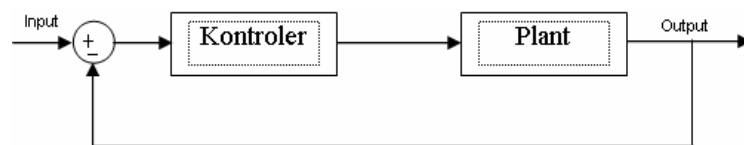
Mari gunakan contoh baterai 1000 mAh diatas sebagai contoh. Jika baterai tersebut memiliki rating 10C maka berarti baterai tersebut dapat menahan beban maksimum hingga 10.000 miliampere atau 10 Ampere. ( $10 \times 1000$  miliampere = 10 Ampere). Angka ini berarti sama dengan 166 mA per menit, maka energi baterai 1000 mAh akan habis dalam 6 menit. Angka ini berasal dihitung dengan mengkalkulasi jumlah arus per menitnya.  $1000 \text{ mAh} \div 60 \text{ menit} = 16,6 \text{ mA}$  per menit. Lalu kemudian kalikan 16,6 dengan C rating (dalam hal ini 10) = 166 mA beban per menit. Lalu bagi 1000 dengan 166 = 6,02 menit.

#### 2.7.4 Hambatan Dalam (*Internal Resistance*)

Hambatan dalam (*Internal Resistance*) adalah bilangan yang menyatakan nilai tahanan yang ada didalam komponen baterai. Hambatan ini akan menentukan kecepatan pertukaran ion dari anoda ke katoda.[10]

### 2.8 PID

PID Controller merupakan salah satu jenis pengatur yang banyak digunakan. Selain itu sistem ini mudah digabungkan dengan metoda pengatur yang lain seperti Fuzzy dan Robust. Sehingga akan menjadi suatu sistem pengatur yang semakin baik Tulisan ini dibatasi pada sistem dengan *Unity Feedback System*, yang gambarnya sebagai berikut :



**Gambar 2.8 Diagram blok sistem kontrol berumpan balik**

PID Controller merupakan salah satu jenis pengatur yang banyak digunakan. Selain itu sistem ini mudah digabungkan dengan metoda pengatur yang lain seperti Fuzzy dan Robust. Sehingga akan menjadi suatu sistem pengatur yang semakin baik Tulisan ini dibatasi pada sistem dengan *Unity Feedback System*, yang gambarnya sebagai berikut :

$$H(s) = \frac{K_D s^2 + K_P s + K_I}{s^3 + K_D s^2 + K_P s + K_I}$$

Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengatur yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan.

**Tabel 2.1 Tanggapan sistem kontrol PID terhadap perubahan parameter**

<b>Tanggapan Loop Tertutup</b>	<b>Waktu Naik</b>	<b>Overshoot</b>	<b>Waktu Turun</b>	<b>Kesalahan Keadaan Tunak</b>
Proporsional (Kp)	Menurun	Meningkat	Perubahan Kecil	Menurun
Integral (Ki)	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
Derivative (Kd)	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil

Untuk merancang sistem kontrol PID, kebanyakan dilakukan dengan metoda coba-coba atau (*trial & error*). Hal ini disebabkan karena parameter Kp, Ki dan Kd tidak *independent*. Untuk mendapatkan aksi kontrol yang baik diperlukan langkah coba-coba dengan kombinasi antara P, I dan D sampai ditemukan nilai Kp, Ki dan Kd seperti yang diinginkan.[9]

### 2.8.1 Metode Konvensional

Desain sebuah sistem kontrol, dimulai dengan membuat blok diagram sistem. Blok diagram (yang berisi *transfer function*) tersebut selanjutnya akan dianalisa dengan menggunakan aksi pengontrolan yang berbeda. Dengan perubahan sinyal input sehingga perancang dapat melihat respon sistem jika mendapat input sinyal tertentu. Kombinasi antara sinyal input dan jenis aksi pengontrolan ini akan menghasilkan respon yang berbeda-beda.

Dahulu untuk melihat respon suatu sistem dengan berbagai macam kombinasi sinyal input dan aksi pengontrolan merupakan hal yang sulit dan membosankan. Adapun prosedur yang harus dilalui adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan *transfer function* sistem (dalam s-domain) dengan *Laplace Transform*.
2. Menentukan jenis aksi pengontrolan beserta dengan konstantanya.
3. Menggabungkan *transfer function* yang sudah didapatkan dengan jenis aksi pengontrolan.

4. Menentukan sinyal *input* yang akan dimasukkan (biasanya fungsi *step*, fungsi *ramp* dan *pulse*) dan menggabungkannya ke dalam *transfer function* yang baru.
5. Melakukan perhitungan *invers Laplace Transform* untuk mendapatkan fungsi dalam t-domain.
6. Menggambar respon berdasarkan fungsi dalam t-domain.

Untuk melakukan langkah-langkah di atas diperlukan ketelitian yang tinggikan hasil penggambarannya sering kali kurang (tidak) akurat. Selain itu, jika perancang ingin mengamati respon sistem terhadap sinyal input yang lain, maka proses-proses tersebut sebagian besar akan diulang kembali. Hal ini bertambah kompleks jika perubahan yang dilakukan tidak terbatas pada sinyal input, tetapi juga pada jenis aksi pengontrolannya.

Sehingga untuk mendapatkan respon dari berbagai macam kombinasi, membutuhkan waktu yang relatif lama. Selain itu, perancang juga melakukan proses perhitungan yang rumit dan membosankan.

### 2.8.2 Metode Simulasi Menggunakan Komputer

Perkembangan teori kontrol juga diikuti oleh software pendukungnya. Mulai dari software untuk pemrograman sistem, sampai dengan software untuk proses simulasinya. Salah satu software yang dapat dipergunakan untuk simulasi tersebut adalah *MatLab* dari *Mathworks, Inc*.

Software ini dilengkapi dengan berbagai toolbox yang memudahkan pemakai untuk melakukan perhitungan-perhitungan tertentu. Bahkan saat ini sudah dikembangkan *toolbox* khusus untuk simulasi yang diberi nama *Simulink*. Aplikasi *MatLab* dalam bidang pengaturan dilengkapi *Control Toolbox*. *Toolbox* ini sudah dilengkapi dengan berbagai macam fungsi pendukung yang dipergunakan dalam analisa sistem kontrol. Beberapa fungsi pendukung yang sering dipergunakan untuk menganalisa suatu sistem adalah *feedback*, *step*, *rlocus*, *series*, dll. Untuk menganalisa suatu sistem, software hanya memerlukan masukan berupa transfer function yang ditulis dalam *Laplace Transform* (dalam s-domain) atau matriks. Untuk selanjutnya, pemakai tinggal memilih analisa yang akan dipergunakan.

Tulisan ini akan membahas penggunaannya secara khusus untuk merancang PID *Controller* pada suatu sistem.

## 2.9 Perbandingan Penelitian-Penelitian Sebelumnya

Sebagai bahan pertimbangan pembuatan tugas akhir, diperlukan untuk mengetahui penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sebagai berikut.

**Tabel 2.2 Hasil Perbandingan Penelitian**

No	Judul	Tahun	Penulis	Keyword	Kelebihan	Kekurangan
1	Mekanisme Penentuan Berat <i>Body</i> Dan Sistem Penentuan Lokasi	2014	Guillermo Dilone	<i>Smart Luggage</i> , GPS	Dapat menentukan berat dan lokasi koper	Tidak bisa bergerak mengikuti <i>user</i>
2	Prototype koper pintar dengan sensor ultrasonic berbasis Arduino uno	2016	Kaitosi Akhmad	Koper, Arduino, <i>sensor ultrasonic</i>	Sudah menggunakan sensor ultrasonik	Hanya menggunakan Sensor jarak Ultrasonik
3	Sistem Bagasi Pintar	2019	Afrin Khan, Bandini Nalwade, Neha Kharshinge, Sonali Kamble	Arduino IDE, MIT App Inventor, GPS	Sudah dilengkapi GPS untuk menentukan lokasi koper	Belum ada alarm apabila koper diluar jangkauan pengguna
4	Pembuatan Prototype Smart Suitcase Sistem dengan Mikrokontroler untuk	2020	Muhammad Hafiz Al Qadr	Mikro kontroler, Arduino, Android, <i>Bluetooth</i> , Sensor.	Dapat membuka dan menutup koper melalui android	Hanya dapat membuka dan menutup melalui android



	Mendeteksi Gangguan pada Koper dengan Menggunakan Arduino Uno Berbasis Android					
5	Prototipe untuk Mengamankan Perjalanan Koper menggunakan RFID dan GPS Tracker	2020	Melinda Dwika Nur Setiyawati, Hilal H. Nuha, Rahmad Yasirandi	RFID, GPS Tracking, Magnet Switch, Android, Koper.	Menggunakan RFID sebagai sistem keamanan koper	Tidak bisa bergerak mengikuti <i>user</i>