

## BAB II

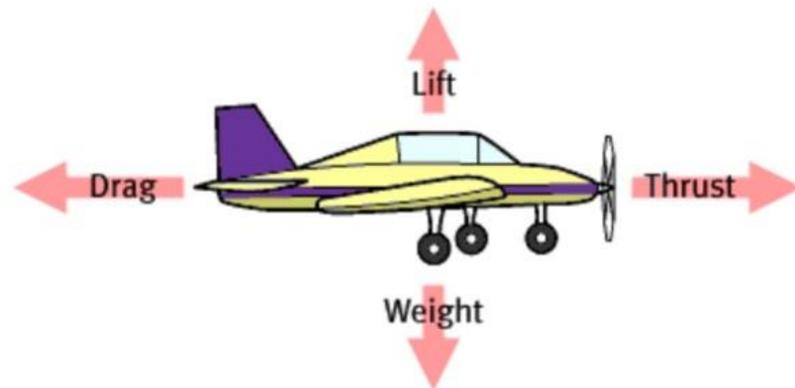
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Aerodinamika

Dalam merancang suatu pesawat, hal yang terpenting adalah membuat perkiraan awal untuk dasar karakteristik aerodinamis (*drag dan lift*) dari suatu pesawat. Udara mengalir melewati pesawat terbang, atau badan pesawat harus dialihkan dari jalur aslinya. Hal tersebut menyebabkan perubahan kecepatan udara.

Ada beberapa macam gaya yang bekerja pada benda-benda yang terbang di udara. Gaya-gaya aerodinamika ini meliputi gaya angkat (*lift*), gaya dorong (*thrust*), gaya berat (*weight*), dan gaya hambat udara (*drag*). Seperti gambar 2.1 menggambarkan 4 gaya yang bekerja pada pesawat. Gaya dorong atau *thrust* merupakan gaya yang dihasilkan oleh mesin pesawat. Gaya berat atau *weight* dihasilkan oleh beban atau *payload* yang dibawa oleh pesawat dan dipengaruhi juga oleh tekanan udara pada ketinggian tertentu. Gaya hambat atau *drag* dihasilkan oleh udara yang dilewati pesawat pada kecepatan tertentu, dan yang paling penting dari mekanisme terbang pesawat adalah gaya angkat atau *lift* ini dipengaruhi oleh bentuk *airfoil* yang bermacam-macam yang mempengaruhi distribusi tekanan dan kecepatan udara.

Pada saat pesawat sedang menjelajah di udara pada kecepatan dan ketinggian konstan, ke-4 gaya tersebut berada dalam kesetimbangan  $T=D$  dan  $L=W$ . Sedangkan pada saat pesawat take off dan landing, terjadi akselerasi dan deselerasi yang dapat dijelaskan menggunakan Hukum II Newton (total gaya adalah sama dengan massa dikalikan dengan percepatan). (Houghton, 2013)



Gambar 2.1. Gaya yang bekerja pada pesawat  
(Modul FAA Basic Aerodynamics, 2015)

## 2.2. Airfoil

*Airfoil* atau *aerofoil* adalah suatu bentuk geometri yang dirancang sedemikian rupa untuk mendapatkan reaksi terhadap aliran fluida yang dilaluinya. Gaya-gaya aerodinamika yang bekerja pada sebuah *airfoil* diperoleh dari sebuah hasil penjumlahan atau integrasi distribusi tekanan statik dan tegangan geser sepanjang permukaan atas dan permukaan bawah *airfoil*, sehingga diperoleh bilangan-bilangan tak berdimensi atau koefisien-koefisien seperti koefisien gaya angkat (*coefficient of lift*), koefisien gaya hambat (*coefficient of drag*). Koefisien-koefisien tersebut dan koordinat titik pusat tekan aerodinamika adalah harga-harga yang dibutuhkan untuk menentukan sifat-sifat dan karakteristik performa aerodinamika dari bentuk-bentuk *airfoil* sebagai fungsi sudut serang.

Jenis *Airfoil* yang digunakan yaitu *Airfoil NACA 2412*. Luas penampang pada NACA yang digunakan untuk bentuk sayap pada rancang bangun ini adalah 0,23 m x 0,13 m dengan spesifikasi *Airfoil NACA 2412* yang dapat dilihat pada tabel 2.1. Dimana  $\alpha$  merupakan *angle of attack* atau batas sudut serang maksimum dan minimum dari *airfoil NACA 2412*, CL yaitu *Coefficient Lift*, CD yaitu *Coefficient Drag*,  $C_{Dp}$  yaitu *Coefficient Drag Pressure* dan CM yaitu *Pitching Moment*.

Tabel 2.1. Spesifikasi NACA 2412 (Airfoiltools, 2018)

alpha	CL	CD	CDp	CM	Top_Xtr	Bot_Xtr
-11.250	-0.6947	0.06549	0.05983	-0.0551	1.0000	0.0469
-11.000	-0.7371	0.05730	0.05143	-0.0608	1.0000	0.0464
-10.500	-0.7873	0.04853	0.04206	-0.0582	1.0000	0.0470
-10.000	-0.8042	0.04164	0.03428	-0.0535	1.0000	0.0487
-9.500	-0.7838	0.03826	0.03072	-0.0502	1.0000	0.0504
-9.000	-0.7610	0.03522	0.02730	-0.0466	1.0000	0.0533
-8.500	-0.7359	0.03175	0.02321	-0.0429	1.0000	0.0564
-8.000	-0.7041	0.02902	0.02020	-0.0398	1.0000	0.0590
-7.500	-0.6693	0.02718	0.01819	-0.0369	1.0000	0.0631
-7.000	-0.6321	0.02514	0.01576	-0.0341	1.0000	0.0672
-6.500	-0.5946	0.02355	0.01417	-0.0316	1.0000	0.0721
-6.000	-0.5550	0.02220	0.01266	-0.0293	1.0000	0.0797
-5.500	-0.4960	0.02092	0.01127	-0.0308	0.9945	0.0912
-5.000	-0.4240	0.01967	0.01008	-0.0350	0.9841	0.1125
-4.500	-0.3518	0.01865	0.00911	-0.0391	0.9723	0.1443
-4.000	-0.2811	0.01776	0.00841	-0.0427	0.9595	0.1931
-3.500	-0.2119	0.01696	0.00784	-0.0458	0.9458	0.2607
-3.000	-0.1445	0.01620	0.00734	-0.0484	0.9310	0.3364
-2.500	-0.0801	0.01544	0.00692	-0.0501	0.9149	0.4274
-2.000	-0.0182	0.01470	0.00665	-0.0508	0.8977	0.5496
-1.500	0.0380	0.01410	0.00652	-0.0497	0.8775	0.6859
-1.000	0.0959	0.01374	0.00650	-0.0481	0.8562	0.8154
-0.500	0.1707	0.01359	0.00635	-0.0502	0.8351	0.9047
0.000	0.2557	0.01351	0.00614	-0.0552	0.8097	0.9616
0.500	0.3490	0.01337	0.00583	-0.0625	0.7814	0.9979
1.000	0.4001	0.01336	0.00563	-0.0614	0.7485	1.0000
1.500	0.4482	0.01346	0.00556	-0.0596	0.7147	1.0000
2.000	0.4960	0.01365	0.00559	-0.0578	0.6804	1.0000
2.500	0.5438	0.01392	0.00571	-0.0559	0.6459	1.0000
3.000	0.5917	0.01425	0.00591	-0.0540	0.6114	1.0000
3.500	0.6396	0.01466	0.00619	-0.0522	0.5773	1.0000
4.000	0.6874	0.01512	0.00657	-0.0504	0.5438	1.0000
4.500	0.7351	0.01565	0.00704	-0.0486	0.5106	1.0000
5.000	0.7812	0.01622	0.00754	-0.0466	0.4706	1.0000
5.500	0.8252	0.01686	0.00809	-0.0443	0.4228	1.0000
6.000	0.8686	0.01760	0.00877	-0.0420	0.3734	1.0000
6.500	0.9089	0.01856	0.00954	-0.0394	0.3133	1.0000
7.000	0.9461	0.01984	0.01057	-0.0366	0.2472	1.0000
7.500	0.9807	0.02143	0.01190	-0.0336	0.1869	1.0000
8.000	1.0131	0.02324	0.01353	-0.0305	0.1399	1.0000
8.500	1.0431	0.02518	0.01537	-0.0271	0.1107	1.0000
9.000	1.0698	0.02726	0.01745	-0.0234	0.0949	1.0000
9.500	1.0932	0.02939	0.01967	-0.0193	0.0842	1.0000
10.000	1.1133	0.03177	0.02214	-0.0150	0.0768	1.0000
10.500	1.1349	0.03428	0.02479	-0.0114	0.0709	1.0000
11.000	1.1566	0.03709	0.02776	-0.0083	0.0658	1.0000
11.500	1.1781	0.04000	0.03088	-0.0055	0.0613	1.0000
12.000	1.1973	0.04332	0.03431	-0.0030	0.0576	1.0000
12.500	1.2122	0.04705	0.03846	-0.0006	0.0539	1.0000
13.000	1.2231	0.05100	0.04261	0.0013	0.0508	1.0000
13.500	1.2299	0.05579	0.04767	0.0028	0.0482	1.0000

14.000	1.2231	0.06210	0.05451	0.0034	0.0458	1.0000
14.500	1.2129	0.06901	0.06179	0.0027	0.0438	1.0000
15.000	1.2054	0.07594	0.06892	0.0014	0.0421	1.0000
15.500	1.1838	0.08549	0.07881	-0.0016	0.0410	1.0000
16.000	1.1361	0.10046	0.09435	-0.0093	0.0405	1.0000
16.500	1.0698	0.12178	0.11617	-0.0224	0.0407	1.0000
16.750	1.0170	0.13908	0.13368	-0.0336	0.0412	1.0000

## 2.3 Arduino

### 2.3.1 Pengertian Arduino

Arduino 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. 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 yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai ‘otak’ yang mengendalikan *input*, proses dan *output* sebuah rangkaian elektronik.

Mikrokontroler adalah suatu rangkaian terintegrasi (IC) yang bekerja untuk aplikasi pengendali. Fungsi pengendali mikrokontroler memiliki beberapa bagian seperti *Central Processing Unit* (CPU), *Read Only Memory* (ROM), *Random Access Memory* (RAM), dan Unit I/O. Arduino adalah pengendali mikrokontroler *single-board* yang bersifat *opensource*, turunan dari *wiring platform*, dan dirancang untuk mempermudah pengguna elektronik berbagai bidang. *Hardware*-nya memiliki prosesor *Atmel AVR* dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri yang memiliki kemiripan *Syntax* dengan *Bahasa Pemrograman C*.

Arduino menggunakan mikrokontroler yang dirilis oleh Atmel, beberapa individu atau perusahaan membuat *clone-arduino* menggunakan mikrokontroler lain namun tetap kompatibel dengan Arduino pada level *hardware*. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui *bootloader* yang terdapat opsi untuk mem-*bypass bootloader* dan menggunakan *downloader* untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui *port ISP*. Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik di sekeliling kita. Misalnya handphone, MP3 player, DVD,

televisi, AC, dll. Mikrokontroler juga dipakai untuk keperluan mengendalikan robot. Baik robot mainan, maupun robot industri.

Kegunaan Arduino tergantung kepada kita yang membuat program. Arduino bisa digunakan untuk mengontrol LED, bisa juga digunakan untuk mengontrol helikopter. Contoh yang sudah pernah dibuat adalah MP3 player, pengontrol motor, mesin CNC, monitor kelembaban tanah, pengukur jarak, penggerak servo, balon udara, pengontrol suhu, monitor energi, stasiun cuaca, pembaca RFID, drum elektronik, GPS logger, monitoring bensin dan masih banyak lagi.

### 2.3.2 Kelebihan Arduino

- Tidak perlu perangkat *chip programmer* karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer.
- Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna Laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
- Bahasa pemrograman relatif mudah karena *software* Arduino dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap.
- Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* Arduino. Misalnya *shield* GPS, *Ethernet*, SD Card, dll.

### 2.3.3 Bahasa Pemrograman Arduino

Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa C. Tetapi bahasa ini sudah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi yang sederhana sehingga pemula pun bisa mempelajarinya dengan cukup mudah. Untuk membuat program Arduino dan mengupload ke dalam board Arduino, anda membutuhkan software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang bisa di download gratis di <http://arduino.cc/en/Main/Software>.

## 2.3.4 Deskripsi Arduino UNO

### 2.3.4.1 Pin Arduino

Arduino memiliki 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin *input* analog dan 14 pin digital *input/output*. 6 pin analog difungsikan sebagai *output* digital dengan tambahan 14 pin yang tersedia. Pengubahan pin analog menjadi digital dengan cara mengubah konfigurasi pin pada program. Pada *board* dapat terlihat pin digital diberi keterangan 0-13, untuk menggunakan pin analog menjadi *output* digital, pin analog pada board 0-5 diubah menjadi pin 14-19, dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai pin *output* digital 14-16.

### 2.3.4.2 Input dan Output Arduino

Setiap 14 pin digital yang terdapat pada Arduino dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pin Mode*, *digital Write*, dan *digital Read*. *Input/output* dioperasikan pada tegangan 5V. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki *internal pull-up resistor* (*disconnected* oleh *default*) 20-50K Ohm.

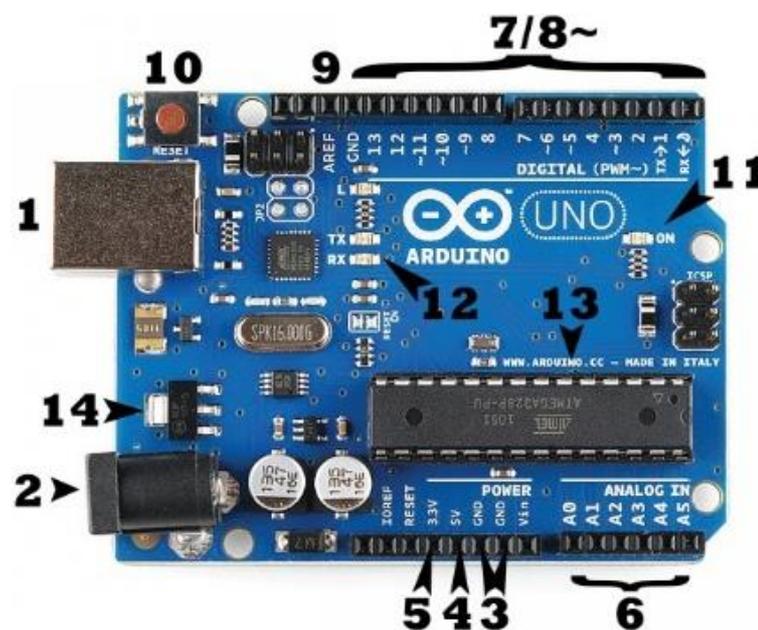
### 2.3.4.3 Fungsi Pin Arduino

- a) *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 ke *TTL Chip Serial*.
- b) *Interupt Eksternal* : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk men-*trigger* sebuah *interupt* pada *low-value*, *rising* atau *falling-edge*.
- c) *PWM* : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung *8-bit* keluaran PWM dengan fungsi *Analog Write*.
- d) *SPI* : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI, yang mana masih mendukung *Hardware*, yang tidak termasuk pada bahasa Arduino.
- e) *LED* : 13. Adalah indikator yang dibuat untuk koneksi LED ke digital pin. Ketika pin bernilai *HIGH*, LED hidup, ketika pin *LOW*, LED mati.

Tabel 2.2. Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	ATMega328P
Tegangan Pengoprasian	5 V
Tegangan <i>Input</i> yang disarankan	7 – 12 V
Batas Tegangan <i>Input</i>	6 – 20 V
Jumlah Pin I/O digital	14 pin digital (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah Pin <i>Input</i> Analog	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40mA
Arus DC untuk pin 3.3 V	50mA
Memori Flash	32 KB (ATMega328) sekitar 0.5KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATMega328)
EPROM	2 KB (ATMega328)
<i>Clock Speed</i>	16MHz

#### 2.3.4.4 Bagian – bagian Arduino Uno



Gambar 2.2. Arduino Uno (Miguel Vidal, 2016)

Tabel 2.3. Penjelasan Bagian Arduino Uno

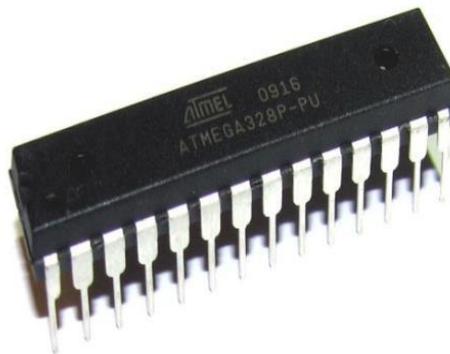
NO	Nama	Deskripsi
1.	USB <i>Female</i> Type-B	Sebagai Sumber DC 5V sekaligus untuk jalur pemrograman antara PC dan arduino
2.	BarrelJack	Sebagai <i>input</i> sumber antara 7-12V
3.	Pin GND	Sebagai sumber pertanahan ( <i>Ground</i> )
4.	Pin 5V	Sebagai sumber tegangan 5V
5.	Pin 3.3V	Sebagai sumber tegangan 3.3V
6.	A0-A5	Sebagai Analog <i>Input</i>
7.	2-13	Sebagai I/O digital
8.	0-1	Sebagai I/O sekaligus bias juga sebagai RxTx
9.	AREF	Sebagai analog referensi untuk fungsi ADC
10.	Tombol <i>RESET</i>	Sebagai perintah <i>ResetArduino</i>
11.	LED	Sebagai Indikator Daya
12.	LED RxTx	Sebagai Indikator RxTx saat penginstalan program
13.	Mikrokontroler	Sebagai otak arduino dengan menggunakan mikrokontroler AVR ATmega328
14.	<i>Voltage Regulator</i>	Sebagai pengatur tegangan

#### 2.3.4.5 Mikrokontroler ATmega 328

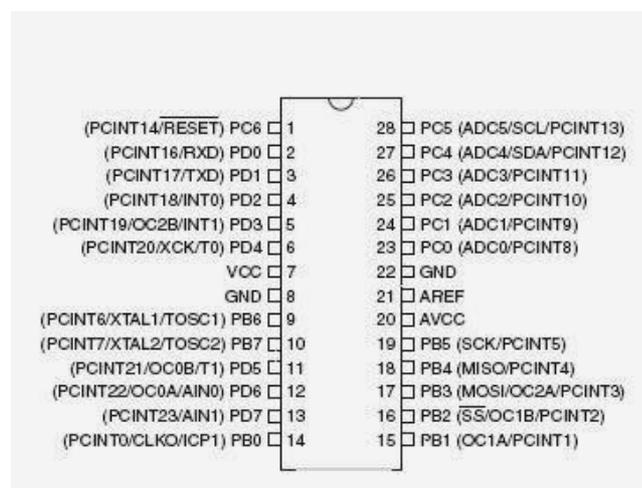
Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil (*“special purpose computers”*) di dalam satu IC yang berisi CPU, memori, timer, saluran komunikasi serial dan parallel, Port *input/output*, ADC. Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program (Andrianto,heri.2013). Saat ini keluarga mikrokontroler yang ada di pasaran yaitu Intel 8048 dan 8051(MCS51), Motorola 68HC11, Microchip PIC, Hitachi H8, dan Atmel AVR.

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran Atmel yang merupakan anggota dari keluarga AVR 32-bit. Mikrokontroler ini memiliki kapasitas flash (memory program) sebesar 32 Kb (32.768 bytes), memori (static RAM) 2 Kb (2.048 bytes), dan EEPROM (non-volatile memory) sebesar 1024 bytes. Kecepatan clock yang dapat dicapai adalah 16 MHz.

ATmega328 adalah prosesor yang kaya fitur. Dalam *chip* yang dipaketkan dalam bentuk DIP-28 ini terdapat 20 *pin Input/Output* (21 *pin* bila *pin reset* tidak digunakan, 23 *pin* bila tidak menggunakan *osilator eksternal*), dengan 6 di antaranya dapat berfungsi sebagai *pin ADC (analog-to-digital converter)*, dan 6 lainnya memiliki fungsi PWM (*pulse width modulation*). Berikut adalah bentuk fisik dari ATmega328 dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 2.3. Bentuk Fisik ATmega328 (Haryanto Rusdi, 2014)



Gambar 2.4. Pin Mikrokontroler Atmega328 (Haryanto Rusdi, 2014)

Mikrokontroler ini diproduksi oleh atmel dari seri AVR. Untuk seri AVR ini banyak jenisnya, yaitu Atmega 328, Atmega 8535, Mega 8515, Mega 16, dan lain-lain. Mikrokontroler ATmega328 digunakan pada *arduino UNO* sebagai otak untuk mengendalikan perangkat elektronik yang akan dirancang. ATmega328 itu sendiri diproduksi oleh ATMEL yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) dimana arsitektur RISC ini adalah suatu arsitektur yang memiliki instruksi yang sederhana namun memiliki banyak fasilitas tambahan.

Fitur-fitur yang terdapat pada mikrokontroler ATmega328 antara lain :

- Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
- Memiliki SRAM (*Static Random Access Memory*) sebesar 2KB.
- Memiliki *pin I/O digital* sebanyak 14 *pin* 6 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) output.
- 32 x 8-bit register serba guna.
- Dengan *clock* 16 MHz kecepatan mencapai 16 MIPS.
- 32 KB *Flash memory* dan pada *arduino* memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari *flash memory* sebagai *bootloader*.
- 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*

#### **2.3.4.6 Power Arduino**

Arduino Uno dapat disuplai langsung ke catu daya dari USB tambahan dengan pilihan *power* secara otomatis tanpa saklar. Kabel eksternal (*non-USB*) menggunakan adaptor AC ke DC atau baterai dengan konektor *plug* ukuran 2,1mm polaritas positif di tengah *jack power* pada *board*. Jika menggunakan baterai disematkan pada pin GND dan Vin di bagian *power connector*.

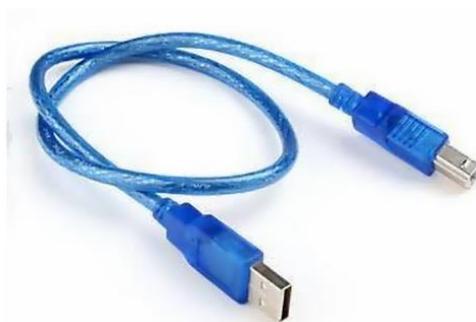
Pada Gambar 2.21 *Board Arduino Uno* dapat disuplai dengan tegangan kerja antara 6V– 20V, apabila catu daya dibawah tegangan standar 5V *board*

tegangan akan tidak stabil. Jika dipaksakan ke tegangan regulator 12V *board* Arduino akan mengalami *overheat* yang akan berujung kerusakan pada *board* Arduino. Tegangan yang direkomendasikan adalah 7-12V.

### 2.3.5 Komunikasi

Uno Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) untuk komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega8U2 sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan sebagai port virtual com untuk perangkat lunak pada komputer. Firmware '8 U2 menggunakan driver USB standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang diperlukan. Namun, pada Windows diperlukan, sebuah file inf. Perangkat lunak Arduino terdapat monitor serial yang memungkinkan digunakan memonitor data tekstual sederhana yang akan dikirim ke atau dari board Arduino. LED RX dan TX di papan tulis akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah *Software Serial library* memungkinkan untuk berkomunikasi secara serial pada salah satu pin digital pada board Uno's. ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan Kawat untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C, lihat dokumentasi untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.



Gambar 2.5. *USB Arduino* (Webagus, 2017)

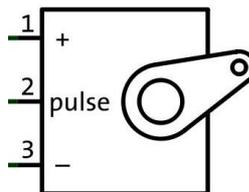
## 2.4. Motor servo

### 2.4.1. Pengertian Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik *loop* tertutup (servo), sehingga dapat di *set-up* atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.

Penggunaan sistem kontrol *loop* tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Posisi poros *output* akan di sensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang di inginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol *input* akan mengirim sinyal kendali untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan. Motor servo biasa digunakan dalam aplikasi-aplikasi di industri, selain itu juga digunakan dalam berbagai aplikasi lain seperti pada mobil mainan radio kontrol, robot, pesawat, dan lain sebagainya.

Ada dua jenis motor servo, yaitu motor servo AC dan DC. Motor servo AC lebih dapat menangani arus yang tinggi atau beban berat, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan motor servo DC biasanya lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. jenis yang paling umum dari motor servo, dimana putaran poros *output*nya terbatas hanya  $90^0$  kearah kanan dan  $90^0$  kearah kiri.



Gambar 2.6. Spesifikasi Motor Servo (Sumozade, 2016)

### Keunggulan Motor Servo

Keunggulan dari penggunaan motor servoadalah :

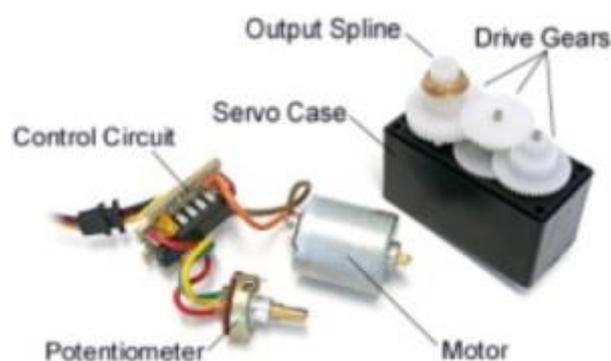
- Tidak bergetar dan tidak ber-resonansi saat beroperasi.
- Daya yang dihasilkan sebanding dengan ukuran dan berat motor.
- Penggunaan arus listrik sebanding dengan beban yang diberikan.
- Resolusi dan akurasi dapat diubah dengan hanya mengganti encoder yang dipakai.
- Tidak berisik saat beroperasi dengan kecepatan tinggi.

#### 2.4.2. Aplikasi Motor Servo

Motor servo dapat dimanfaatkan pada pembuatan robot, salah satunya sebagai penggerak kaki robot. Motor servo dipilih sebagai penggerak pada kaki robot karena motor servo memiliki tenaga atau torsi yang besar, sehingga dapat menggerakkan kaki robot dengan beban yang cukup berat. Pada umumnya motor servo yang digunakan sebagai penggerak pada robot adalah motor servo 180°.

#### 2.4.3. Komponen Penyusun Motor Servo

Motor servo pada dasarnya dibuat menggunakan motor DC yang dilengkapi dengan *controller* dan sensor posisi sehingga dapat memiliki gerakan 0°, 90°, 180° atau 360°. Berikut adalah komponen internal sebuah motor servo 180°.



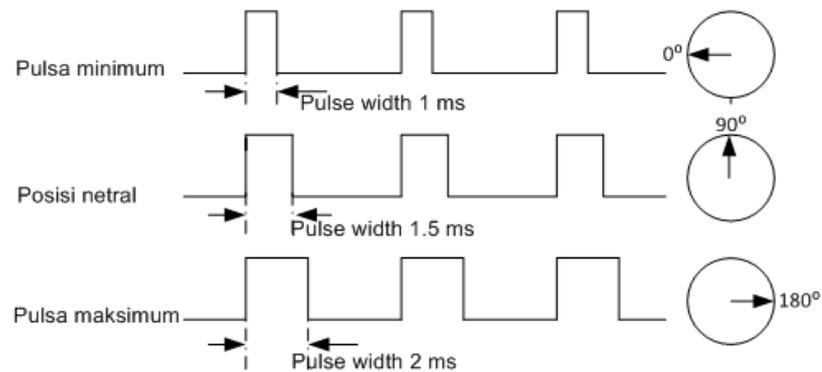
Gambar 2.7. Komponen Motor Servo (Zona Elektro, 2013)

Tiap komponen pada motor servo diatas masing-masing memiliki fungsi sebagai *controller*, *driver*, *sensor*, *gearbox* dan aktuator. Pada gambar diatas terlihat beberapa bagian komponen motor servo. Motor pada sebuah motor servo adalah motor DC yang dikendalikan oleh bagian *controller*, kemudian komponen yang berfungsi sebagai sensor adalah potensiometer yang terhubung pada sistem *gearbox* pada motor servo.

#### **2.4.4. Prinsip Kerja Motor Servo**

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation / PWM*) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh pada Gambar lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms akan memutar poros motor servo ke posisi sudut  $90^{\circ}$ . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi  $0^{\circ}$  atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi  $180^{\circ}$  atau ke kanan (searah jarum jam).

Untuk menjalankan atau mengendalikan motor servo berbeda dengan motor DC. Karena untuk mengedalikan motor servo perlu diberikan sumber tegangan dan sinyal kontrol. Besarnya sumber tegangan tergantung dari spesifikasi motor servo yang digunakan. Sedangkan untuk mengendalikan putaran motor servo dilakukan dengan mengirimkan pulsa kontrol dengan frekuensi 50 Hz dengan periode 20 ms dan *duty cycle* yang berbeda. Dimana untuk menggerakan motor servo sebesar  $90^{\circ}$  diperlukan pulsa dengan ton *duty cycle* pulsa positif 1,5 ms dan unjtuk bergerak sebesar  $180^{\circ}$  diperlukan lebar pulsa 2 ms. Berikut bentuk pulsa kontrol motor servo dimaksud.sebagai berikut :



Gambar 2.8. Bentuk pulsa kendali motor servo (Zona Elektro, 2013)

#### 2.4.5. Jenis Motor Servo

- **Motor Servo Standar 180°**

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°.

- **Motor Servo Continuous**

Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu).

## 2.5. Stall

Dalam dinamika fluida, *stall* adalah pengurangan koefisien angkat yang dihasilkan oleh *airfoil* dari *Angle of Attack* yang bertambah. Hal ini terjadi ketika sudut kritis *airfoil* terlampaui. Dalam dunia penerbangan, batas 15 derajat *nose up* dikenal dengan sudut kritis. Ketika pesawat bergerak pada sudut kemiringan ini, gaya tekan ke bawah pesawat berubah menjadi lebih besar dari pada gaya angkatnya.

Sebuah pesawat dapat dibuat untuk *stall* dalam *pitch* atau sudut *bank* ataupun kecepatan udara apapun, tetapi umumnya dilakukan pengurangan kecepatan ke kecepatan *stall* yang tidak meningkat pada ketinggian yang aman. Ketika pesawat terbang dengan kecepatan tertentu, *angle of attack* harus ditingkatkan untuk mencegah hilangnya ketinggian atau meningkatkan kecepatan udara (yang sesuai dengan sudut *stall*). Pilot akan melihat kontrol penerbangan menjadi kurang responsif dan mungkin juga melihat beberapa hentakan, akibat dari turbulensi udara yang terpisah dari sayap yang menabrak ekor pesawat.

Di sebagian besar pesawat ringan, ketika terjadi *stall*, pesawat akan mulai turun (karena sayap tidak lagi menghasilkan daya angkat yang cukup untuk mendukung berat pesawat) dan *nose* akan bergerak ke bawah. Penanganan dari kondisi yang terjadi ini biasanya melibatkan pilot yang mengurangi *Angle of Attack* dan meningkatkan kecepatan udara, hingga aliran udara yang lancar di atas sayap dapat kembali normal. Penerbangan normal dapat dilanjutkan setelah penanganan dari peristiwa *stall* selesai.

Jika sebuah pesawat terus menerus berada dalam kondisi *nose up* dengan sudut di atas 15 derajat, lama-kelamaan pesawat tersebut akan kehilangan daya angkat dan inilah yang membuat pesawat bisa jatuh.

*Lift* yang dihasilkan sayap dinyatakan sebagai berikut :

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L \dots\dots\dots(2.1)$$

Koefisien gaya angkat/Coefficient Lift (CL), bisa dihitung :

$$C_L = \frac{2L}{\rho V^2 S} \dots\dots\dots(2.2)$$

Besar CL ditentukan oleh jenis airfoil dan sudut serang  $\alpha$ . Biasanya penerbang tidak menggunakan besarnya  $\alpha$  sebagai referensi terbang, mengingat tidak semua pesawat dilengkapi dengan “AOA indicator” (*indicator Angle Of Attack*). Sebagai penggantinya digunakan *air speed* atau kecepatan pesawat terhadap kecepatan udara relatif (V). Jika pesawat pada kondisi *straight and level* (terbang datar lurus), maka berat pesawat sama dengan *lift* atau  $L = W$ .

Adapun penyebab *stall* diantaranya sebagai berikut :

- Ketinggian

Dalam penerbangan *straight* dan *level* pada saat *stall*, untuk area sayap tertentu, penampang dan berat, lift adalah L yang bernilai tetap. Maka didapat persamaan *lift*:

$$Lift = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L + \text{angle of attack}$$

Ketika *lift* adalah *stall* yang bernilai tetap dan sudut serang, area sayap dan koefisien angkat akan konstan, nilai total  $1 / \rho V^2$  juga harus konstan.  $1 / \rho V^2$  adalah tekanan untuk dinamis yang ditunjukkan pada indikator kecepatan udara dan pada berat tertentu, sebuah pesawat dapat *stall* pada kecepatan udara yang sama tanpa memperhatikan ketinggian.

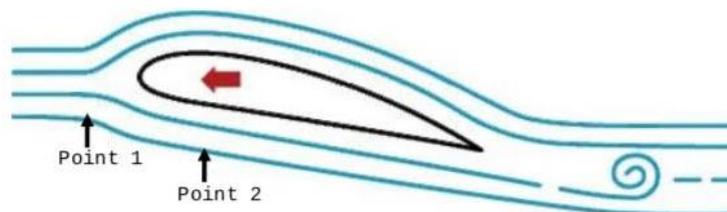
- Efek Berat

Setiap perubahan berat beban akan menghasilkan *lift* yang berbeda pada posisi *straight* dan *level*, peningkatan berat yang membutuhkan daya angkat yang lebih besar. Semakin berat bebannya maka semakin banyak dibutuhkan daya angkat dan oleh karena itu, *stalling speed* juga akan semakin tinggi.

- Bentuk Sayap

Sayap biasanya tidak mengalami *stall* di seluruh permukaannya secara bersamaan. *Stall* dimulai dari satu bagian sayap dan kemudian menyebar. Faktor utama yang mempengaruhi *stall* adalah bentuk sayap seperti pada gambar 2.9. *Stall* dapat berawal dari *wing tip* dan hal ini dapat menyebabkan kesulitan kontrol. Kecenderungan sayap untuk jatuh karena *stall* dapat menyebabkan pesawat berputar (*spinning*).

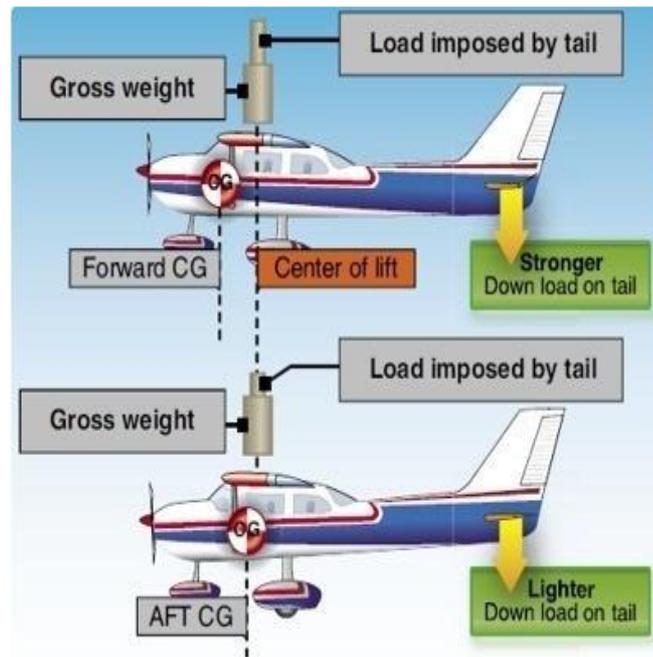
Ketika sudut serang meningkat ke sudut yang lebih tinggi, sudut kemiringan ke atas dari gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan komponen vertikal yang bertindak untuk menunjang *lift* dapat menambah berat pesawat. Zona bertekanan rendah (*slipstream*) dari baling-baling meningkatkan kecepatan udara yang mengalir di atas sayap, sehingga menunda *stall*.



Gambar 2.9. Airfoil Sayap Pesawat (Modul FAA Basic Aerodynamics, 2015)

- *Centre of Gravity*

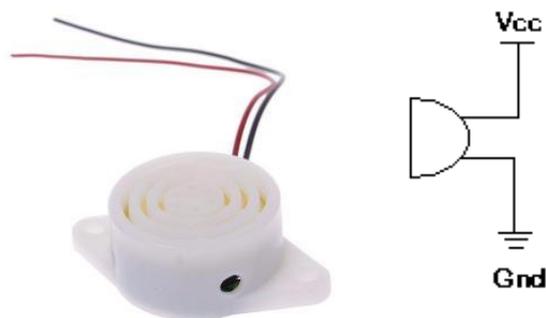
Kecepatan *stall* akan dipengaruhi oleh posisi pusat gravitasi. Jika pusat gravitasi berada di depan dari pusat tekanan dibutuhkan penurunan beban (*down-load*) dari ekor pesawat (*horizontal stabilizer*). Efek dari kondisi ini adalah bahwa *lift* tidak hanya dipengaruhi oleh pusat gravitasi tetapi juga *down-load* pada ekor pesawat, oleh karena itu *lift* harus lebih tinggi dan kemudian kecepatan *stalling* akan lebih tinggi. Semakin dekat pusat gravitasi mendekati pusat tekanan, semakin sedikit beban di bawah dan kecepatan *stall* secara konsekuen akan berkurang.



Gambar 2.10. Perubahan posisi *Centre of Gravity* – Efek *stall*  
(Modul FAA Basic Aerodynamics, 2015)

## 2.6. *Buzzer*

*Buzzer* adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, 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).



Gambar 2.11. *Buzzer* (Olivia, 2015)

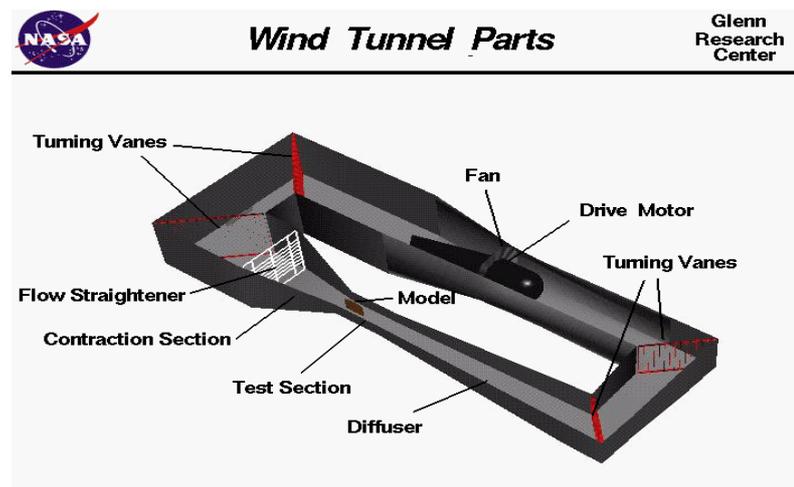
## 2.7. Terowongan Angin

Terowongan angin (*Wind Tunnel*) adalah alat penghasil angin buatan yang digunakan untuk mengetahui aliran udara di sekitar benda yang ingin diuji serta untuk mengetahui gaya-gaya yang ditimbulkan. Terowongan angin (*Wind Tunnel*) merupakan salah satu dari beberapa cara untuk mengetahui reaksi udara pada suatu benda yang bergerak di udara (disamping perhitungan teoritis). Di dalam terowongan angin, sayap pesawat terbang tetap pada tempatnya, hanya udara yang bergerak, sedangkan pada keadaan yang sebenarnya pesawat terbang bergerak melewati udara yang diam. Jadi, terowongan angin ini mensimulasikan keadaan sebenarnya suatu sayap pesawat untuk menganalisis kinerja *airfoil* dari sayap pesawat.

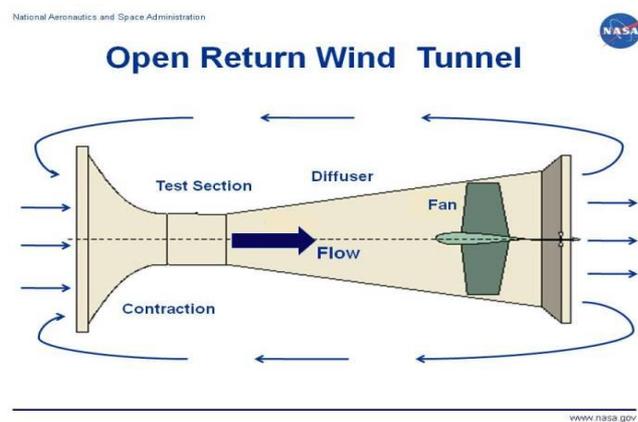
Jenis terowongan angin ada 2 yaitu sistem terbuka (*open jet type*) dan sistem tertutup (*close jet type*). Pada kedua terowongan angin ini aliran udara didapat dari putaran kipas angin (*fan*) yang digerakkan oleh motor listrik.

Perbedaan prinsip antara keduanya terletak pada ruang percobaannya (*experimental chamber*). Pada terowongan angin sistem terbuka, penampang ruang percobaan jauh lebih lebar dibandingkan dengan kolektornya, sedang pada sistem tertutup ruang percobaan merupakan suatu ruangan yang sama sekali tertutup. (Sugiarto, 2008)

Pada sistem tertutup, model yang akan dites diletakkan di dalam ruang yang tertutup dan semua alat-alat ukur (*instrument*) serta pengendaliannya dipasang di luarnya.



Gambar 2.12. *Close jet type Wind Tunnel*  
(Nancy Hall, 2015)



Gambar 2.13. *Open jet type Wind Tunnel*  
(Nancy Hall, 2015)

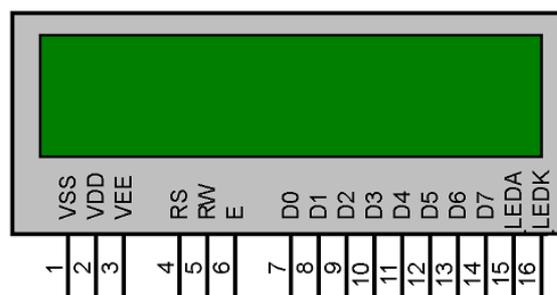
Baik pada sistem terbuka maupun tertutup dilengkapi dengan *honeycomb* dengan maksud agar aliran udara menjadi sejajar. Agar aliran lebih stabil, biasanya terowongan angin dilengkapi juga dengan dinding berlubang-lubang

(*perforated wall*) yang memungkinkan udara yang telah keluar lewat kipas angin bisa kembali lagi kedepan (*inlet*) lagi.

Untuk menambah efisiensi, baik pada terowongan angin terbuka maupun tertutup, udara yang telah keluar dari kipas angin seluruhnya dialirkan lagi ke saluran masuk (*inlet*) melalui saluran khusus. Yang penulis pakai dalam analisis adalah *Open jet type Wind Tunnel*, karena proses pembuatannya mudah, murah, dan lebih ringan. (Sugiarto , 2008)

## 2.8. LCD 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan. LCD juga merupakan perangkat display yang paling umum dipasangkan di Mikrokontroler, Mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuannya menampilkan karakter atau grafik yang lebih dibandingkan display seven-segmen. Pada pengembangan sistem embedded, LCD mutlak diperlukan sebagai sumber pemberi informasi utama, misalnya alat pengukur kadar gula darah, penampil waktu jam, penampil counter putaran motor industri dan lain-lain.



Gambar 2.14.Pin LCD 16x2 (Olivia, 2015)

Dalam modul LCD (*Liquid Crystal Display*) terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Mikrokontroler pada suatu LCD dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan mikrokontroler internal LCD adalah :

- DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (*Liquid Cristal Display*) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Tabel 2.4. Konfigurasi Pin LCD 16x2

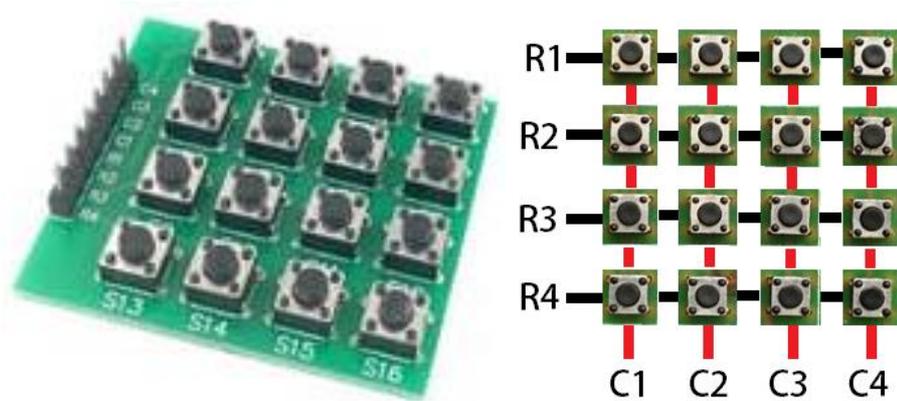
No.	Symbol	Fungsi
1	Vss	GND pin, 0 V
2	Vdd	Positive Powerpin, +5 V
3	V0	LCD drive voltage inputpin
4	Rs	Data/Instruction select input pin
5	R/W	Read/Write select input pin
6	E	Enable input pin
7-14	D0 – D7	Data Bus Line

15	LED A	LED <i>Power Supply</i>
16	LED K	LED <i>Power Supply</i>

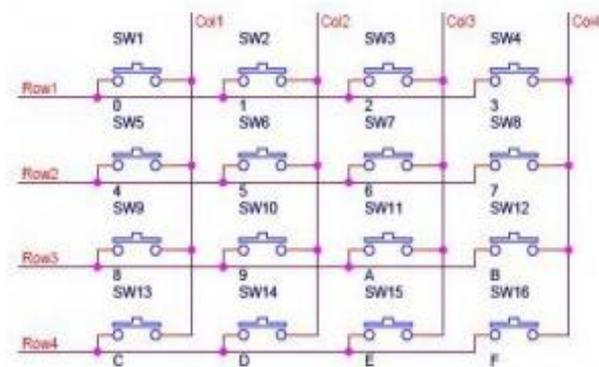
## 2.9. Matrix 16 Switch

*Switch* adalah bagian penting dari suatu perangkat elektronika yang membutuhkan interaksi manusia. *Matrix switch* 4×4 memiliki konstruksi atau susunan yang simpel dan hemat dalam penggunaan port mikrokontroler. Konfigurasi *keypad* dengan susunan bentuk matriks ini bertujuan untuk penghematan port mikrokontroler karena jumlah *key* (tombol) yang dibutuhkan banyak pada suatu sistem dengan mikrokontroler. Sebuah *keypad* pada dasarnya adalah saklar-saklar *push button* yang disusun secara matriks. Beberapa saklar bisa dirangkaikan membentuk sebuah rangkaian *keypad*. Susunan yang paling sering dipakai adalah 16 buah saklar yang membentuk *keypad* matriks 4x4. Dalam susunan *keypad* ini terdapat 4 buah kolom (C1, ..., C4) dan 4 buah baris (R1, ..., R4); salah satu kaki saklar akan terhubung ke salah satu kolom dan kaki yang lainnya akan terhubung dengan salah satu baris. Kolom dan baris dihubungkan ke port mikrokontroler. Jika saklar ditekan, akan menghubungkan baris dan kolom yang terhubung kepadanya. Pembacaan baris dilakukan dengan membuat semua kolom berada di logika rendah. Pada saat ini port yang terhubung ke kolom berfungsi sebagai *output* dan port yang dihubungkan ke baris akan berfungsi sebagai *input*. Pembacaan dilakukan dengan *scan* (membaca) kesetiap baris dan kolom. Satu misal akan dibuat matriks *keypad* 4x4 (4 baris dan 4 kolom), maka konfigurasinya adalah sebagaimana terlihat pada gambar 2.16 dibawah.

Jika tidak ada saklar yang ditekan semua baris akan terbaca logika 1. Ketika salah satu baris terbaca 0, berarti ada saklar dibaris tersebut yang ditekan (terhubung dengan kolom yang berlogika 0). Hal selanjutnya adalah mencari saklar mana yang sebenarnya ditekan, dengan kata lain mencari kolom yang terhubung ke saklar tersebut. Mikrokontroler akan membaca logika 0 jika ada saklar yang ditekan, dengan mengetahui kolom mana yang sedang berlogika 0 saat itu, mikrokontroler akan mengetahui saklar dikolom mana yang sedang ditekan. (Usman, 2008)



Gambar 2.15. *Matrix 16 Switch* (Siddharth, 2013)



Gambar 2.16. Konstruksi *Matrix* untuk Mikrokontroler (Siddharth, 2013)

