

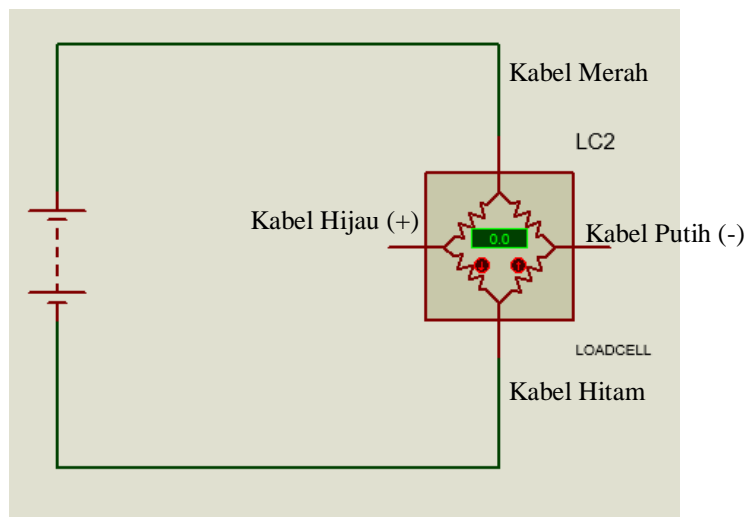
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

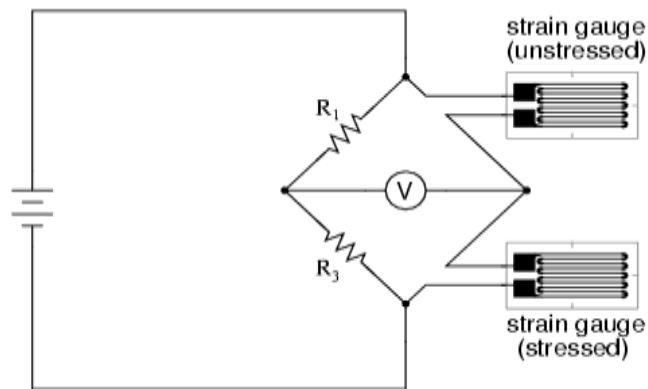
2.1 Sensor Load Cell

Sensor Berat (*Load Cell*) adalah perangkat yang mengubah gaya atau beban menjadi output yang terukur. Strain gauge load cell adalah yang paling umum dan didefinisikan sebagai sebuah perangkat yang mengkonversi gaya atau beban menjadi sinyal elektrik yang setara.

Load cell banyak digunakan pada timbangan elektronik. Kita bisa menyusun load cell dengan metode *Strain Gauge* dan Jembatan *Wheatstone*. Strain Gauge kita sambung dengan konfigurasi Jembatan *Wheatstone*. Dan kita kalibrasi Amp Meter untuk membaca dalam “Kg” bukan dalam Ampere. Ibaratnya dibuat seperti timbangan. Sebuah timbangan yang kasar dan tidak akurat. Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui prinsip dasar Load Cell. Load Cell dibuat dalam berbagai bentuk dan konfigurasi. Strain Gauge dipakai untuk mendapatkan gambaran penuh. Rangkaian load cell ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Rangkaian dasar *loadcell*



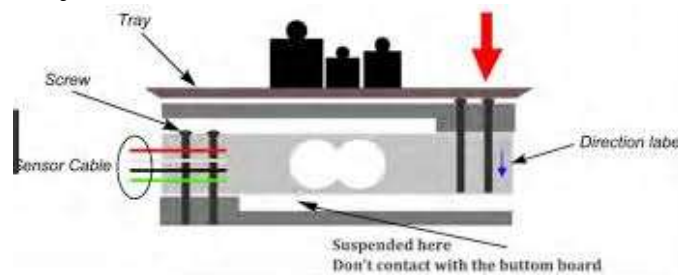
Gambar 2. 2 Letak strain gauge pada rangkaian

Melalui suatu rangkaian mekanikal, gaya akan terdeteksi oleh *strain gauge* yang kemudian di ukur regangannya sebagai sebuah sinyal listrik. Sebuah Load cell umumnya berisi 4 buah strain gauge yang tersusun dalam sebuah rangkaian jembatan *wheatstone*. *Strain Gauge* tersusun dari kawat yang sangat halus, yang dianyam secara berulang menyerupai kotak dan ditempelkan pada plastic atau kertas sebagai medianya. Kawat yang dipakai dari jenis tembaga lapis nikel berdiameter sekitar seper seribu (0.001) inci. Kawat itu disusun bolak-balik untuk mengefektifkan panjang kawat sebagai raksi terhadap tekanan/gaya yang mengenainya. Pada ujungnya dipasang terminal. Strain Gauge bisa dibuat sangat kecil, sampai ukuran 1/64 inci. Untuk membuat Load Cell, Strain Gauge dilekatkan pada logam yang kuat sebagai bagian dari penerima beban (load receptor). Strain Gauge ini disusun sedemikian rupa membentuk Jembatan Wheatstone. Kebanyakan *load cell* mengikuti standar pengkabelan yang ditetapkan oleh *Western Regional Strain Gage Commite* yang direvisi pada Mei 1960. Aturan pengkabelan tersebut ditunjukkan oleh tabel dibawah ini :

Western Regional Wiring Code		
Pin	Deskripsi	Warna Kabel
A	+Excitation (+P)	Merah
B	+Signal (+S)	Hijau
C	-Signal (-S)	Putih
D	-Excitation (-P)	Hitam

Gambar 2. 3 Tabel aturan pengkabelan

2.2.1 Prinsip Kerja Load Cell

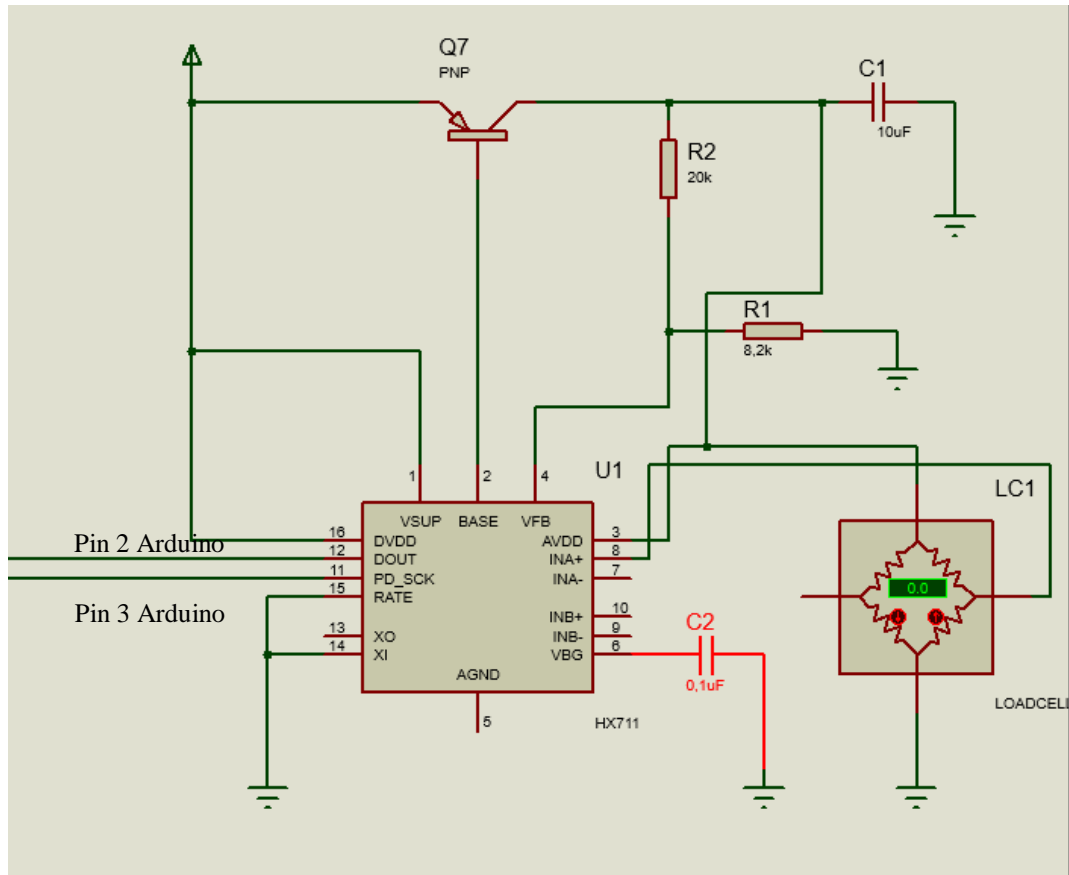


Gambar 2. 4 Prinsip Kerja *Load cell* (Dewantara, 2015)

Prinsip kerja load cell ketika mendapat tekanan beban. Ketika bagian lain yang lebih elastis mendapat tekanan, maka pada sisi lain akan mengalami perubahan regangan yang sesuai dengan yang dihasilkan oleh strain gauge, hal ini terjadi karena ada gaya yang seakan melawan pada sisi lainnya. Perubahan nilai resistansi yang diakibatkan oleh perubahan gaya diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian IC HX711. Dan berat dari objek yang diukur dapat diketahui dengan mengukur besarnya nilai tegangan yang timbul.

2.2 Modul HX711 (Rangkaian penguat keluaran load cell)

IC HX711 adalah modul timbangan, yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Modul melakukan komunikasi dengan computer/mikrokontroller melalui TTL232. Kelebihan dari HX711 yaitu Struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil dan reliable, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat.



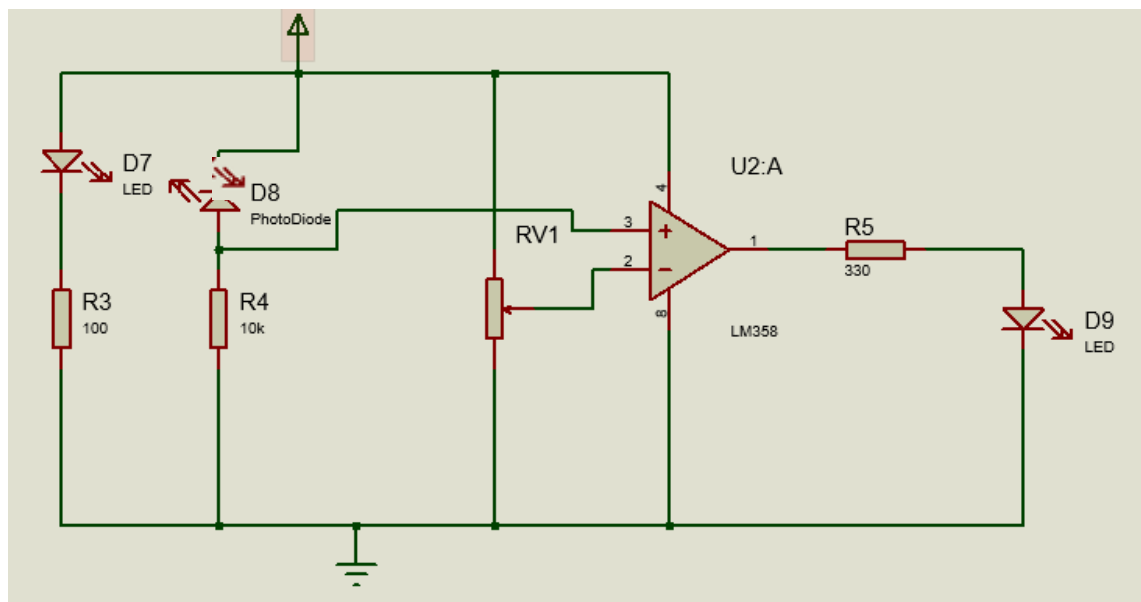
Gambar 2. 5 Rangkaian IC HX711

Prinsip kerja sensor regangan ketika mendapat tekanan beban. Ketika bagian lain yang lebih elastic mendapat tekanan, maka pada sisi lain akan mengalami perubahan regangan yang sesuai dengan yang dihasilkan oleh *strain gauge*, hal ini terjadi karena ada gaya yang seakan melawan pada sisi lainnya. Perubahan nilai resistansi yang diakibatkan oleh perubahan gaya diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian pengukuran yang ada dan berat dari objek yang diukur dapat diketahui dengan mengukur besarnya nilai tegangan yang timbul.

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Gambar 2. 6 Deskripsi PIN HX711 (Datasheet)

2.3 IR Proximity Sensor



Gambar 2. 7 Rangkaian IR Proximity Sensor

Proximity Sensor adalah sensor untuk mendeteksi objek dan hambatan di depan sensor. Sensor mentransmisikan cahaya inframerah ketika terdapat objek atau benda mendekat, benda terdeteksi oleh sensor dengan memanfaatkan cahaya yang dipantulkan dari objek. Sensor Ini dapat digunakan pada pengembangan robot yang bertujuan untuk menghindari rintangan, untuk pintu otomatis, alat bantu parkir

atau untuk sistem alarm keamanan, atau memanfaatkan sensor ini sebagai tachometer dengan mengukur RPM suatu objek yang berotasi kipas.



Gambar 2. 8 Modul *IR Proximity*

Sensor IR pada dasarnya terdiri dari IR LED dan Photodiode , pasangan ini umumnya disebut *IR pair* atau *Photo coupler* . Sensor IR bekerja pada prinsip di mana LED IR memancarkan radiasi IR dan Photodiode merasakan radiasi IR. Resistansi photodiode berubah sesuai dengan jumlah radiasi IR yang jatuh di atasnya, maka jatuhnya tegangan juga berubah dan dengan menggunakan komparator tegangan (seperti LM358) kita dapat merasakan perubahan voltase dan menghasilkan output yang sesuai.

Penempatan *led ir* dan *photodiode* dapat dilakukan dengan dua cara: Langsung dan Tidak Langsung . Pada kejadian langsung, *led ir* dan fotodiode disimpan di depan satu sama lain, sehingga radiasi IR dapat langsung jatuh pada fotodiode. Jika kita menempatkan benda apa saja di antara keduanya, maka ia akan menghentikan jatuhnya cahaya IR pada fotodiode.

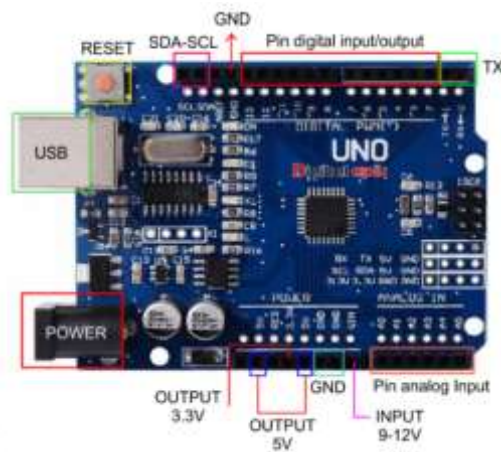
Dan pada kejadian tidak langsung , *led ir* dan *photo diode* ditempatkan secara paralel (berdampingan), menghadap ke arah yang sama. Dengan cara itu, ketika sebuah benda dipelihara di depan pasangan IR, cahaya IR akan tercermin oleh objek dan diserap oleh fotodiode. Perhatikan bahwa benda tidak boleh berwarna hitam karena akan menyerap semua cahaya infra merah, bukan bercermin. Umumnya pasangan IR ditempatkan dengan mode ini di modul sensor inframerah.

2.4 Arduino Uno

2.4.1 Pengertian

Arduino Uno adalah sebuah board minimum system mikrokontroller yang mana di dalamnya terdapat mikrokontroller AVR seri ATmega 328 yang merupakan produk dari Atmel.

Umumnya Arduino memiliki 14 pin input/output yang terdiri dari :



Gambar 2. 8 *Arduino Uno*

- 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM
- 6 pin sebagai analog input
- Osilator Kristal 16 MHz
- Sebuah koneksi USB
- Sebuah Power Jack
- Sebuah ICSP Header
- Dan tombol reset

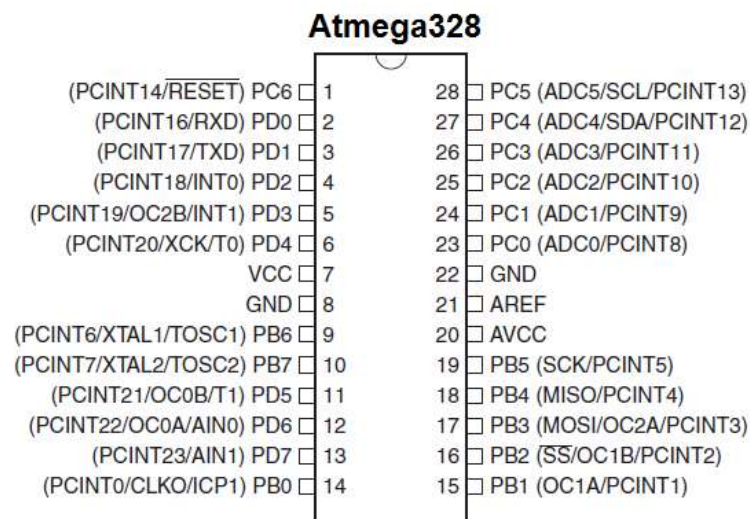
Oleh karena itu arduino uno mampu mensupport mikrokontroller secara mudah terhubung dengan kabel power USB atau kabel power supply adaptor AC ke DC maupun dengan baterai. Sehingga untuk mendukung mikrokontroller tersebut bekerja , cukup sambungkan ke power supply atau hubungkan melalui kabel USB ke PC, maka Arduino Uno telah siap bekerja.

Arduino Uno berbeda dengan semua jenis arduino sebelumnya, dimana dalam hal koneksi USB to serial menggunakan fitur IC Atmega8U2, sementara

pada board sebelumnya menggunakan chip FDTI driver USB to serial. Arduino Uno R3 merupakan seri terakhir dan terbaru dari seri arduino USB.

2.4.2 ATmega 328

ATMega328 merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit. Beberapa tipe mikrokontroler yang sama dengan ATMega8 ini antara lain ATMega8535, ATMega16, ATMega32, ATMega328, yang membedakan antara mikrokontroler antara lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin input/output), peripheral (USART, timer, counter, dll). Dari segi ukuran fisik, ATMega328 memiliki ukuran fisik lebih kecil dibandingkan dengan beberapa mikrokontroler diatas. Namun untuk segi memori dan peripheral lainnya ATMega328 tidak kalah dengan yang lainnya karena ukuran memori dan peripheralnya relatif sama dengan ATMega8535, ATMega32, hanya saja jumlah GPIO lebih sedikit dibandingkan mikrokontroler lainnya.



Gambar 2. 9 Pin *ATmega328*

ATMega328 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC, dan PORTD dengan total pin input/output sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai input/output digital atau difungsikan sebagai peripheral lainnya.

1. Port B merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai input/output. Selain itu Port B juga dapat memiliki fungsi alternatif seperti di bawah ini.

- a. ICP1 (PB0), berfungsi sebagai Timer Counter 1 input capture pin.
 - b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (Pulse Width Modulation).
 - c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
 - d. Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemrograman serial (ISP).
 - e. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber clock external untuk timer.
 - f. XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber clock utama mikrokontroler.
2. Port C Port C merupakan jalur data 7 bit yang dapat difungsikan sebagai input/output digital. Fungsi alternatif PORTC antara lain sebagai berikut.
- a. ADC6 channel (PC0,PC1,PC2,PC3,PC4,PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi data digital
 - b. I2C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORTC. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau device lain yang memiliki komunikasi data tipe I2C seperti sensor kompas, accelerometer nunchuck.
3. Port D Port D merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pin-nya juga dapat difungsikan sebagai input/output. Sama seperti Port B dan Port C, Port D juga memiliki fungsi alternatif dibawah ini.
- a. USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi serial dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan RXD kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data serial.
 - b. Interrupt (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi hardware. Interupsi biasanya digunakan sebagai selaan dari program, misalkan pada saat program berjalan kemudian terjadi interupsi

hardware/software maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.

c. XCK dapat difungsikan sebagai sumber clock external untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan clock dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan external clock.

d. T0 dan T1 berfungsi sebagai masukan counter external untuk timer 1 dan timer 0.

e. AIN0 dan AIN1 keduanya merupakan masukan input untuk analog comparator

2.4.3 Fitur Atmega328

ATMega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) yang mana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (Completed Instruction Set Computer). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain:

1. 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.
2. Memiliki SRAM (Static Random Access Memory) sebesar 2KB.
3. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (Pulse Width Modulation) output.
4. 32 x 8-bit register serba guna.
5. Dengan clock 16 MHz kecepatan mencapai 16 MIPS.
6. 32 KB Flash memory dan pada arduino memiliki bootloader yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai bootloader.
7. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus clock.

2.5.4 Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Gambar 2. 10 Tabel Spesifikasi Arduino

2.4.5 Power

Uno Arduino dalam dijalankan melalui koneksi USB atau dengan *power supply* eksternal secara otomatis.

Untuk eksternal (Non USB) dapat menggunakan adaptor AC ke DC atau baterai dengan konektor plug ukuran 2,1 mm polaritas positif di tengah ke jack power di board. Bila menggunakan baterai dapat disematkan pada pin GND dan Vin pada bagian power konektor.

Biasanya board arduino dapat disupply dengan tegangan 6 hingga 12 Volt. Bila catu daya di bawah standar atau 5 Volt, maka board tidak stabil. Dan bila dipaksakan ke tegangan lebih dari 12 Volt maka kemungkinan besar board akan cepat panas dan rusak. Untuk itu disarankan dengan tegangan 7 – 12 Volt.

2.4.5.1 Power PIN

- **Vin**

Tegangan input ke board saat menggunakan sumber catu daya eksternal (adaptor USB 5 Volt atau juga bias adaptor 7-12 Volt). Anda dapat menyambungkannya melalui pin ini, atau langsung ke jack power 5V, DC Power Jack (7-12V), Kabel Konektor USB (5V) atau catu daya lainnya (7-12V).

- **5V**

Catu daya yang digunakan untuk power mikrokontroller dan beberapa komponen lainnya di board.

- **3V3**

Tegangan sebesar 3,3 Volt yang diperoleh dari FTDI chip yang ada pada board. Arus maksimum adalah sebesar 50 mA.

- **Pin Ground**

GND atau pin ground berfungsi sebagai jalur atau lintasan ground pada arduino.

- **IOREF**

Merupakan pin yang menyediakan referensi tegangan agar mikrokontroller mampu bekerja dengan baik.

2.4.5.2 Memory

ATmega328 juga dilengkapi dengan memory 32 KB untuk menyimpan kode(dengan 0,5 KB yang berfungsi sebagai bootloader). Dan memory 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM.

2.4.5.3 Input dan Output

Masing-masing 14 pin pada arduino dapat digunakan sebagai input atau output yang menggunakan fungsi *pinMode*, *digitalWrite*, dan *digitalRead*, dimana dengan tegangan operasi daya 5 Volt. Tiap-tiap pin juga mampu menerima arus maksimal hingga 40 mA dan resistor internal pull-up antara 20-50 kohm.

Selain itu terdapat beberapa pin lagi yang memiliki fungsi khusus :

- Serial : 0(RX) dan 1 (TX), dimana berfungsi sebagai penerima (RX) dan pemancar (TX) TTL serial data. Pin ini tersambung dengan pin yang korespondensing dari USB ke TTL Chip.
- Eksternal Interrupt : 2 dan 3, pin ini berfungsi sebagai konfigurator untuk trigger sebuah interup pada value low, riding dan falng edge atau nilai value yang berubah-ubah.
- PWM : 3, 5, 6, 9, 10 dan 11. Mensupport output 8 bit PWm dengan fungsi *analogWrite()*.

- **SPI** : 10 (SS), 11(MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI Library.
- **LED** : 13 , terdapat LED bawaan (built in) yang berfungsi sebagai indicator dan terhubung dengan pin digital 13. Ketika nilai value pada pin High maka LED akan On, saat nilai value Low maka LED akan Off.
- Uno juga memiliki analog input yang berlabel pada A0 hingga A5, dimana pada masing-masing memberikan 10 bit dengan resolusi 1024. Biasanya analog input telah terukur dari nilai 0 (ground) hingga 5 Volt, yang memungkinkan adanya perubahan teratas dari jarak yang digunakan oleh pin AREF dengan fungsi *analogReference()*.

Untuk menambah informasi kepada anda, berikut tambahan beberapa pin yang juga memiliki fungsi khusus.

- **TWI** : pin A4 (pinSDA) dan pin A5 (pin SCL). Support TWI Komunikasi dengan menggunakan Wirelibrary.
- **AREF** , merupakan tegangan referensi untuk analog input dimana yang digunakan adalah fungsi *anaogReference()*.
- **Reset**, baris atau jalur LOW berfungsi untuk mereset mikrokontroler dan terdapat tambahan tombol reset yang berfungsi sebagai pelindung salah satu blok.

2.4.6 Pemrograman

Arduino uno dapat diprogram dengan menggunakan software Arduino yang dapat anda unduh di <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. Pilihlah Menu “Arduino Uno” dari Tools > Board Menu (akan terlacak sesuai mikrokontroler pada board).

Pada ATmega328 di arduino dapat *preburned* dengan menggunakan *bootloader* yang memungkinkan anda untuk mengupload kode baru tanpa menggunakan *programmer* hardware eksternal. Untuk komunikasi menggunakan protocol original STK500. Anda juga dapat langsung menggunakan

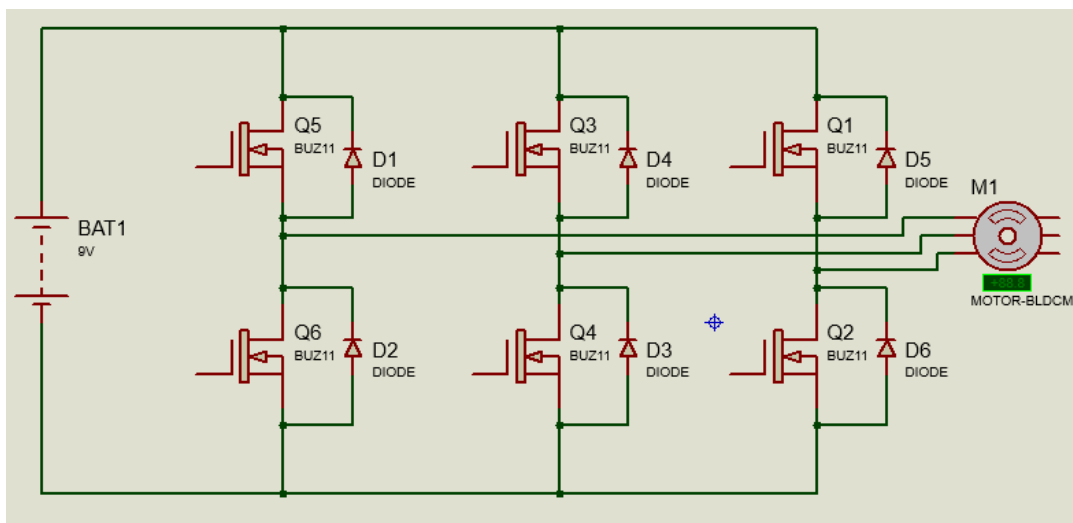
bootloader dan program pada mikrokontroler melalui ICSP (In-Circuit Serial Programming).

2.5 Electronic Speed Control



Gambar 2. 11 *Electronic Speed Control*

Electronic Speed Control atau ESC adalah rangkaian elektronik yang digunakan untuk mengubah kecepatan motor listrik, rute dan juga berfungsi sebagai rem dinamis. Ini sering digunakan pada model radio kontroller yang bertenaga listrik, dengan perubahan yang paling sering digunakan untuk motor DC brushless pada dasarnya menyediakan 3-fasa tenaga listrik yang dihasilkan secara elektronik sumber energi tegangan rendah untuk motor.

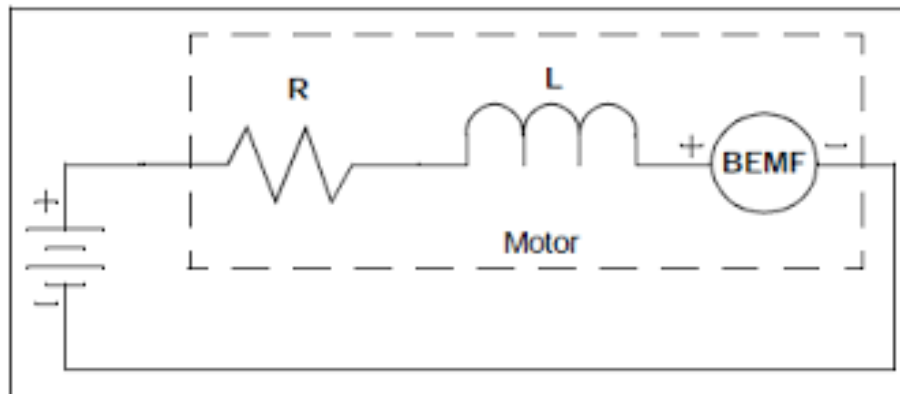


Gambar 2. 12 Rangkaian ESC (Pengenali bldc)

Seperti yang kita ketahui, ESC mengontrol kecepatan putaran motor pesawat. Ini membantu tujuan yang sama dengan throttle servo pesawat bertenaga cahaya. Ini adalah tepi antara penerima radio pesawat terbang dan pembangkit listrik. Kontrol kecepatan elektronik akan memiliki 3 set kabel. Satu kabel akan ditancapkan ke baterai utama pesawat terbang. Kabel kedua akan memiliki kawat servo khas yang dihubungkan ke saluran throttle penerima. Dan terakhir, sepertiga dari kawat digunakan untuk menyalakan motor.

2.6 Motor Brushless

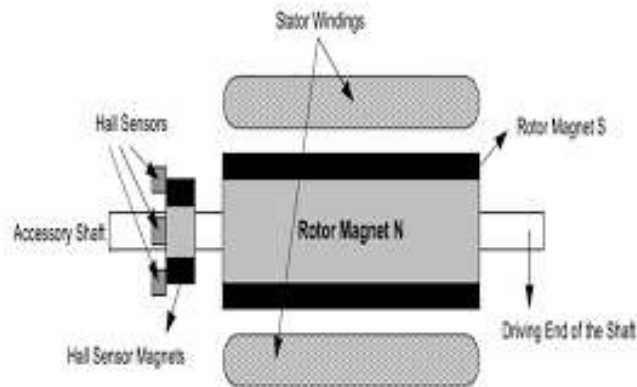
Motor brushless biasa juga disebut dengan BLDC (BrushLess Direct Current). Seperti namanya, motor BLDC adalah jenis motor DC namun tidak memiliki sikat atau brush. Pada motor DC konvensional atau Brushed, sikat digunakan untuk mengirimkan daya ke rotor saat mereka berbalik di medan magnet tetap. Karena BLDC tidak menggunakan brush, komutasi dilakukan menggunakan rangkaian elektronik yaitu *Electronics Speed Controller (ESC)*.



Gambar 2. 13 Rangkaian Ekuivalen BLDC

Brushless DC motor adalah motor sinkron dengan magnet permanen yang menggunakan sensor posisi dan sebuah rangkaian elektronika (inverter) untuk mengendalikan arus armature yang ada. Motor brushless DC kadang kala dimodelkan sebagai suatu motor DC 2 arah karena armature-nya ada di stator dan magnet berada pada rotor dan karakteristik operasinya mirip dengan motor DC. Daripada menggunakan suatu komutator mekanik seperti yang ada pada motor dc konvensional, motor brushless DC menggunakan komutasi elektronik yang

menjadikannya motor yang minim perawatan.. Sensor posisi biasanya menggunakan 3 sensor efek Hall yang mendeteksi kehadiran magnet kecil yang terpasang pada shaft motor.



Gambar 2. 14 Bagian Melintang Motor BLDC (Fauzi dan Endryansyah, 2018)

- **Sensor Hall**

Berbeda dengan motor listrik DC konvensional, sistem komutasi dari motor BLDC harus diatur secara elektronik karena lilitan kawat pada stator harus dinyalakan-dimatikan (on-off) atau di-energize secara berurutan dan teratur. Oleh karena itu, dibutuhkan sensor yang dapat memberikan informasi secara presisi kepada kontroler untuk mengatur lilitan mana yang harus dialiri listrik.

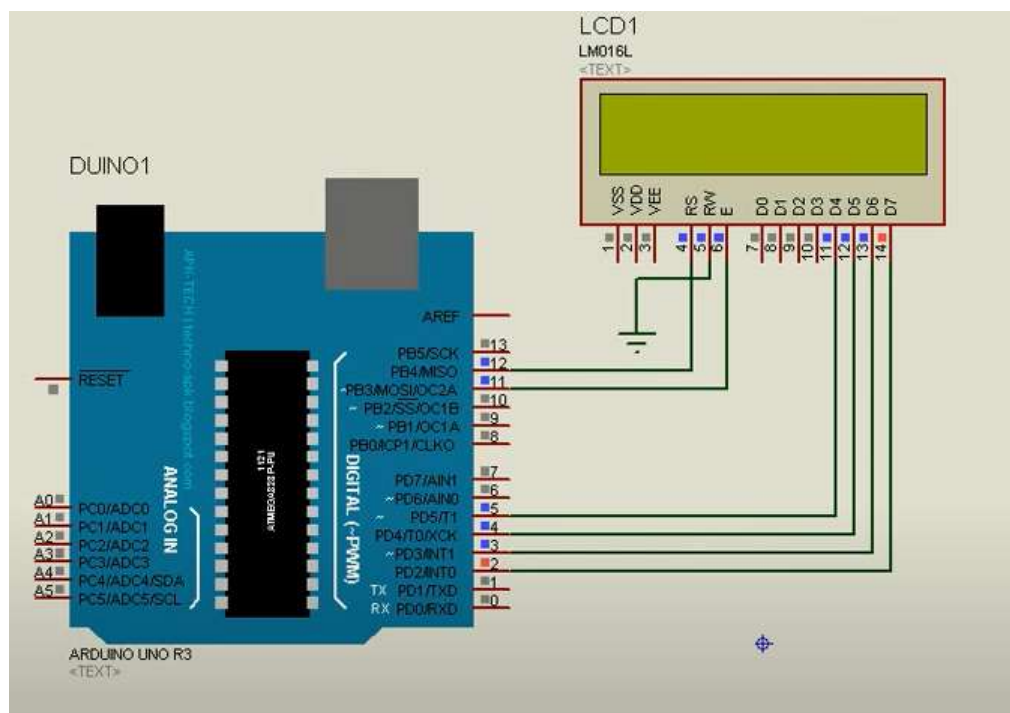
Motor BLDC menggunakan tiga sensor Hall yang dipasang dengan jarak 120° pada stator untuk mendeteksi bagian rotor yang mana akan terimbas oleh fluks magnet. Sensor Hall adalah suatu transduser yang menghasilkan tegangan bervariasi ketika terjadi perbedaan medan magnet. Ketika rotor berputar, perubahan besar medan magnet antara magnet permanen dan gaya elektromagnetik dari lilitan kawat akan dideteksi oleh sensor Hall sebagai input kontroler. Sehingga proses komutasi dapat berjalan secara simultan dan kontinyu.

2.7 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*). *Liquid Crystal Display* yaitu suatu jenis display yang menggunakan Liquid Crystal untuk media refleksinya. LCD dapat digunakan dalam berbagai bidang, sebagai contoh: monitor, TV, kalkulator. Pada LCD berwarna semacam monitor terdapat puluhan ribu pixel. Pixel adalah satuan

terkecil di dalam suatu LCD. Pixel-pixel yang berjumlah puluhan ribu inilah yang membentuk suatu gambar dengan bantuan perangkat controller, yang terdapat di dalam suatu monitor.

Dalam dunia elektronika LCD di gunakan sebagai tampilan atau layar yang lebih hemat energi. (LCD) itu sendiri merupakan teknologi layar digital yang menghasilkan citra pada sebuah permukaan yang rata (flat) dengan memberi sinar pada kristal cair dan filter berwarna, yang mempunyai struktur molekul polar, diapit antara dua elektroda yang transparan. Tapi Liquid Crystal itu tidak secara langsung memancarkan cahaya. Bila medan listrik diberikan, molekul menyesuaikan posisinya pada medan, membentuk susunan kristalin yang mempolarisasi cahaya yang melaluinya.



Gambar 2. 16 Koneksi pin LCD ke arduino

Keterangan :

1. **GND** : catu daya 0Vdc
2. **VCC** : catu daya positif
3. **Constrate** : untuk kontras tulisan pada LCD

4. **RS** atau **Register Select** :

- High : untuk mengirim data
- Low : untuk mengirim instruksi

5. **R/W** atau **Read/Write**

- High : mengirim data
- Low : mengirim instruksi
- Disambungkan dengan LOW untuk pengiriman data ke layar

6. **E (enable)** : untuk mengontrol ke LCD ketika bernilai LOW, LCD tidak dapat diakses

7. **D0 – D7** = Data Bus 0 – 7

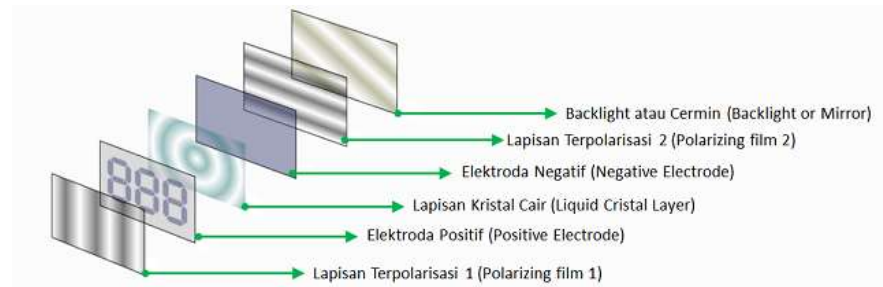
8. **Backlight +** (Pin 15) : disambungkan ke VCC untuk menyalakan lampu latar

9. **Backlight –** (Pin 16) : disambungkan ke GND untuk menyalakan lampu latar

2.8.1 Struktur Dasar LCD

LCD (Liquid Crystal Display) pada dasarnya memiliki dua bagian penting, bagian yang pertama adalah backlight (lampu latar belakang) dan yang kedua yaitu liquid crystal (kristal cair). LCD ini memang tidak bisa menghasilkan cahaya apapun, LCD hanya akan merefleksikan serta mentransmisikan cahaya yang melaluinya.

Maka dari itu, LCD membutuhkan cahaya latar belakang atau backlight untuk dijadikan sebagai sumber cahayanya. Pada umumnya, cahaya backlight ini memiliki warna putih. Sementara untuk kristal cair atau liquid crystal sendiri merupakan cairan organik yang terletak diantara dua lembar kaca dengan bagian permukaan transparan yang konduktif.



Gambar 2. 17 Struktur Dasar LCD

Bagian-bagian LCD atau Liquid Crystal Display diantaranya adalah :

- Lapisan Terpolarisasi 1 (Polarizing Film 1)
- Elektroda Positif (Positive Electrode)
- Lapisan Kristal Cair (Liquid Cristal Layer)
- Elektroda Negatif (Negative Electrode)
- Lapisan Terpolarisasi 2 (Polarizing film 2)
- Backlight atau Cermin (Backlight or Mirror)

2.8 *Unmanned Aerial Vehicle*

2.8.1 Pengertian

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau biasa disebut Drone adalah pesawat tanpa awak yang mampu terbang baik secara kontrol manual maupun otomatis. Drone dikendalikan secara otomatis melalui program komputer, atau melalui kendali jarak jauh dari pilot yang terdapat di dataran atau di kendaraan lainnya. Drone mampu terbang dengan menggunakan hukum aerodinamika untuk mengangkat dirinya baik tanpa muatan maupun dengan membawa muatan.



Gambar 2. 18 *Drone*

Meski alat canggih ini pada awalnya hanya di gunakan oleh anggota militer saja, kini alat ini telah banyak digunakan oleh seluruh pihak secara meluas. Badan pemerintahan juga memanfaatkan alat canggih ini untuk dapat menghubungkan intelegen dengan pertanian. Namun saat ini untuk masyarakat awam sekalipun juga sudah dapat menggunakan Drone.

2.8.2 Cara Kerja Drone

Drone bekerja berdasarkan daya angkat yang terjadi karena putaran baling-baling yang digerakkan oleh rotor atau motor listrik. Lift atau daya angkat biasanya berhubungan dengan sayap dari sebuah model airfoil fixed-wing, namun lift juga dapat dihasilkan oleh propellers, layang-layang, helikopter, perahu layar bahkan pada bentuk dari sebuah mobil.

Teori untuk menjelaskan *lift* atau daya angkat adalah Prinsip Bernoulli, yaitu aliran udara merupakan energi yang konstan, ketika udara mengalir pada bagian yang memiliki tekanan udara rendah, maka aliran udara tersebut akan

semakin cepat. Dari Prinsip Bernoulli, tekanan udara pada bagian atas bergerak lebih cepat dengan demikian tekanan menjadi rendah dibandingkan dengan bagian bawah yang aliran udaranya bergerak lebih lambat. Perbedaan tekanan udara tersebut menghasilkan gaya *aerodinamik*.

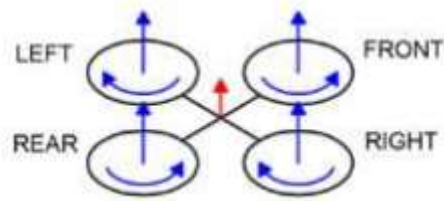
Pada Hukum Newton tentang *Lift and deflection of the flow*, *lift* dihasilkan karena adanya tekanan udara dan gaya tekan dari area *wing*, bahwa tekanan dari luas wing tidak menghasilkan gaya yang murni, akan tetapi dibutuhkan perbedaan tekanan untuk menghasilkan *lift*.

2.8.3 *Quadcopter*

Quadcopter adalah sebuah helikopter multirotor yang diangkat dan didorong oleh empat rotor. *Quadcopter* diklasifikasikan sebagai pesawat rotor, karena gaya angkat mereka dihasilkan oleh satu set rotor baling-baling yang berorientasi vertikal. Dengan mengubah kecepatan dari setiap rotor maka dimungkinkan untuk menghasilkan gaya dorong yang diinginkan, mencari pusat gaya dorong baik lateral maupun longitudinal, untuk menentukan total gaya putar yang diinginkan, atau kekuatan memutar. Dalam melakukan terbang melayang di udara, yang dikenal dengan sebutan hover, *quadcopter* harus menggerakkan keempat baling-balingnya dengan kecepatan yang sama (ΩH). Setiap pasangan baling-baling memiliki arah gaya dorong yang memiliki fungsi berbeda, satu pasang sebagai pendorong (*pusher*) dan satu pasang sebagai penarik (*puller*). Dengan adanya pergerakan yang menghasilkan gaya dorong serta gaya tarik yang melawan gaya gravitasi tersebut, *quadcopter* dapat terbang melayang di udara dengan stabil. Beberapa pergerakan yang dapat dilakukan oleh *quadcopter* adalah :

a. Gerakan Naik Turun

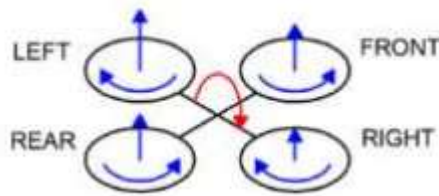
Untuk bergerak terbang ke atas dan ke bawah, *quadcopter* perlu menaikkan atau menurunkan kecepatan putar setiap balingbaling dengan jumlah yang sama. Menaikkan kecepatan akan mengakibatkan *quadcopter* terbang ke atas, dan menurunkan kecepatan akan mengakibatkan *quadcopter* terbang ke bawah.



Gambar 2. 19 Gerakan naik/turun (Khumairowati dan Bekti, 2016)

b. Gerakan Pada Sumbu x (roll)

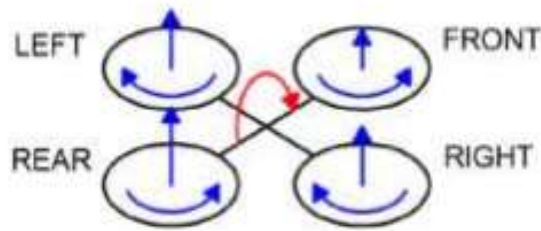
Untuk melakukan gerakan tersebut, perlu dilakukan perubahan kecepatan perputaran baling-baling pada pasangan baling-baling kiri dan kanan. Pada gambar ditunjukkan bahwa kecepatan perputaran pada baling – baling kanan dikurangi dan ditambah kecepatannya pada baling – baling kiri. Maka baling – baling kanan akan berfungsi sebagai penarik dan baling – baling kiri sebagai pendorong. Sehingga quadcopter akan bergerak ke arah kanan.



Gambar 2. 10 Gerakan *roll* (Khumairowati dan Bekti, 2016)

c. Gerakan Pada Sumbu y (pitch)

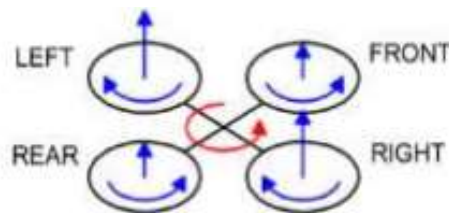
Untuk berputar pada sumbu y (pitch) perubahan kecepatan dilakukan pada pasangan balingbaling depan dan belakang. Pada gambar ditunjukkan bahwa kecepatan perputaran pada baling – baling depan dikurangi dan ditambah kecepatannya pada baling – baling belakang, maka baling – baling belakang akan berfungsi sebagai pendorong dan baling – baling depan sebagai penarik. Sehingga quadcopter akan bergerak ke arah depan.



Gambar 2. 11 Gerakan *pitch* (Khumairowati dan Bekti, 2016)

d. Gerakan Pada Sumbu Z (Yaw)

Gerakan ini dilakukan dengan menurunkan kecepatan satu pasang baling-baling, depan - belakang atau kiri - kanan, dan menaikkan kecepatan satu pasangan baling-baling lainnya. Nantinya, quadcopter akan bergerak berputar ke arah perputaran pasangan baling-baling yang lebih lambat kecepatannya dibandingkan pasangan yang lainnya. Pada gambar ditunjukkan bahwa kecepatan putaran baling – baling depan dan belakang dikurangi sedangkan baling – baling kanan dan kiri ditambah, maka quadcopter akan berputar berlawanan arah jarum jam menuju ke sisi kanan depan.



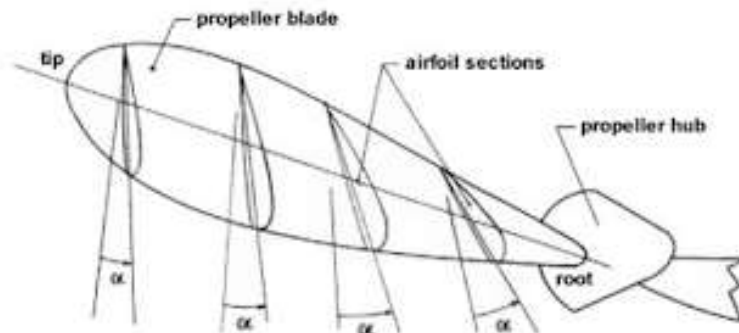
Gambar 2. 12 Gerakan *yaw* (Khumairowati dan Bekti, 2016)

2.9 Propeller

2.9.1 Prinsip Kerja Propeller

Prinsip kerja propeller sebenarnya identik dengan sayap, yaitu dengan memanfaatkan airfoil yang bergerak secara berputar sehingga menghasilkan gaya aerodinamika (mirip seperti lift pada sayap) yang mana gaya ini disebut *thrust* atau gaya dorong. Gerakan berputar dari propeller mengakibatkan kecepatan gerak airfoil pada ujung dan pangkal propeller berbeda, oleh karena itu *angle of attack* (AOA) bilah propeller dari pangkal ke ujung dibuat semakin kecil, sehingga

gaya yang dihasilkan sama (semakin tinggi kecepatan airfoil, semakin besar gaya yang dihasilkan).



Gambar 2. 13 Bagian *Propeller*

Kemudian, dua hal penting yang harus diketahui dalam memilih propeller adalah diameter dan pitch. Diameter, seperti namanya adalah diameter dari propeller tersebut saat berputar, atau dapat dikatakan panjang propeller dari ujung ke ujung. Kemudian, *pitch* adalah ukuran seberapa besar jarak yang ditempuh *propeller*/pesawat akan bergerak di udara dalam satu putaran *propeller* dalam satuan inci. Nilai dari pitch ini hanyalah angka teoritis, karena pada kondisi nyata, banyak sekali faktor yang mempengaruhi jarak tempuh pesawat tiap satu putaran *propeller*, seperti material *propeller*, efisiensi, kondisi udara dan lain-lain. Semakin besar nilai *pitch*, maka pesawat akan bergerak semakin cepat.

Salah satu cara untuk membayangkan pitch dari propeller adalah dengan mengibaratkannya sebagai sekrup. Sekrup dengan ulir yang kasar akan menempuh jarak yang lebih jauh dalam satu putaran daripada sekrup yang memiliki ulir halus seperti dijelaskan pada gambar berikut ini :



Gambar 2. 14 Airscrews

Karena prinsip kerjanya yang mirip dengan sekrup yang bergerak di udara tersebut, tidak jarang propeller disebut dengan *airscrews*.

Kemudian diameter dari propeller secara umum mempengaruhi *thrust* yang dihasilkan serta mempengaruhi RPM dari mesin, selain itu diameter propeller juga sangat mempengaruhi kebisingan yang dihalikan oleh propeller, terkadang propeller lebih bising daripada mesinnya. Diameter propeller yang besar mengurangi RPM (kecepatan putar) dari mesin karena membutuhkan daya yang besar, karena penurunan RPM tersebut, propeller dengan diameter besar lebih tidak berisik dari propeller kecil.

Adapun, pitch dan diameter propeller biasanya tertulis pada propeller dengan bentuk diameter x pitch. Misalkan propeller dengan tulisan 10×8 mengindikasikan bahwa propeller tersebut memiliki diameter 10 inci dan pitch 8 inci.

2.10.2 Jenis Propeller

a. *Fixed Pitch Propeller*

Jenis propeller ini memiliki blade angel atau sudut dari baling-baling yang tetap sehingga tidak bisa di ubah. Pada umumnya propeller tegabung menjadi satu bagian. Propeller ini biasanya di disain untuk cruise speed dan kurang efektif untuk mendarat ataupun landing. Jenis propeller ini digunakan pada pesawat kecil yang terbang di jarak, ketinggian, dan kecepatan rendah. Fixed pitch propeller dapat dilihat pada gambar 2.25



Gambar 2. 15 *Fixed Pitch Propeller*

b. *Ground-Adjustable Propeller*

Ground-Adjustable Propeller berfungsi hampir mirip dengan fixed pitch propeller, tetapi propeller jenis ini bisa di ubah sudut dari sudutnya ketika pesawat sedang di darat dan propeller dalam keadaan diam atau tak di gunakan. Jenis propeller ini terdiri dari dua sudu. Cara mengganti propeller ini yaitu dengan melepas mekanisme clamp yang menahan propeller di hub. Setelah propeller di ganti dan propeller di kencangkan maka sudut dari propeller tidak dapat di ubah lagi. Jenis propeller ini terdapat pada pesawat yang jarak terbang, ketinggian, dan kecepatan yang rendah. Setiap besaran dari sudut menentukan dari fungsi yang akan di jalankan oleh pesawat. Jika pesawat memerlukan kecepatan dan ketinggian maka pilih sudut propeller yang besar, jika pesawat membutuhkan maneuver yang cepat maka pilih sudut propeller yang kecil. *Ground-Adjustable Propeller* dapat dilihat pada gambar 2.26



Gambar 2. 16 *Ground-Adjustable Propeller*

2.10 PWM

PWM adalah kepanjangan dari *Pulse Width Modulation* atau dalam bahasa Indonesia dapat diterjemahkan menjadi Modulasi Lebar Pulsa. Jadi pada dasarnya, PWM adalah suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (pulse width) dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. PWM dapat dianggap sebagai kebalikan dari ADC (Analog to Digital Converter) yang mengkonversi sinyal Analog ke Digital, PWM ini digunakan untuk menghasilkan sinyal analog dari perangkat Digital (contohnya dari Mikrokontroller).

Untuk lebih memahami apa yang dimaksud dengan PWM atau Pulse Width Modulation ini. Kita coba melihat contoh dari sinyal yang dihasilkan oleh Mikrokontroler atau IC 555. Sinyal yang dihasilkan oleh Mikrokontroler atau IC555 ini adalah sinyal pulsa yang umumnya berbentuk gelombang segiempat. Gelombang yang dihasilkan ini akan tinggi atau rendah pada waktu tertentu. Misalnya gelombang tinggi di 5V dan paling rendah di 0V. Durasi atau lamanya waktu dimana sinyal tetap berada di posisi tinggi disebut dengan “ON Time” atau “Waktu ON” sedangkan sinyal tetap berada di posisi rendah atau 0V disebut dengan “OFF Time” atau “Waktu OFF”. Untuk sinyal PWM, kita perlu melihat dua parameter penting yang terkait dengannya yaitu Siklus Kerja PWM (PWM Duty Cycle) dan Frekuensi PWM (PWM Frequency).

Seperti yang disebutkan diatas, Sinyal PWM akan tetap ON untuk waktu tertentu dan kemudian terhenti atau OFF selama sisa periodenya. Yang membuat PWM ini istimewa dan lebih bermanfaat adalah kita dapat menetapkan berapa lama kondisi ON harus bertahan dengan cara mengendalikan siklus kerja atau Duty Cycle PWM.

Persentase waktu di mana sinyal PWM tetap pada kondisi TINGGI (ON Time) disebut dengan “siklus kerja” atau “Duty Cycle”. Kondisi yang sinyalnya selalu dalam kondisi ON disebut sebagai 100% Duty Cycle (Siklus Kerja 100%), sedangkan kondisi yang sinyalnya selalu dalam kondisi OFF (mati) disebut dengan 0% Duty Cycle (Siklus Kerja 0%).

Rumus untuk menghitung siklus kerja atau duty cycle dapat ditunjukkan seperti persamaan di bawah ini.

$$\text{Duty Cycle} = t_{\text{ON}} / (t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}})$$

Atau

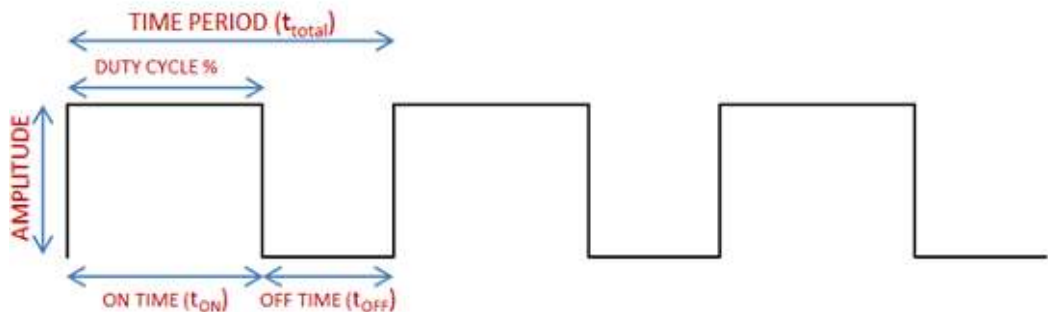
$$\text{Duty Cycle} = t_{\text{ON}} / t_{\text{total}}$$

Dimana :

- t_{ON} = Waktu ON atau Waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (high atau 1)
- t_{OFF} = Waktu OFF atau Waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (low atau 0)
- t_{total} = Waktu satu siklus atau penjumlahan antara t_{ON} dengan t_{OFF} atau disebut juga dengan “periode satu gelombang”

Siklus Kerja = Waktu ON / (Waktu ON + Waktu OFF)

Gambar berikut ini mewakili sinyal PWM dengan siklus kerja 60%. Seperti yang kita lihat, dengan mempertimbangkan seluruh periode waktu (ON time + OFF time), sinyal PWM hanya ON untuk 60% dari suatu periode waktu.



Gambar 2. 17 Siklus kerja PWM

2.11 Rumus Persamaan

Pada penelitian ini digunakan sebuah rumus yang berguna sebagai nilai perbandingan dari hasil pengujian dan nilai yang muncul berdasarkan teori. Adapun nilai yang dihitung pada persamaan ini yaitu menghitung nilai *thrust* atau gaya dorong yang dihasilkan berdasarkan propeller yang telah berputar.

$$T = cT \frac{4\rho r^4}{\pi^2} \omega^2$$

Dimana :

- T = Gaya Dorong (N)
- cT = Koefisien *Propeller* (0,1145)
- ρ = Kerapatan udara ($1,2 \text{ kg/m}^3$)

$$\begin{aligned}\omega &= \text{Kecepatan anguler } \textit{propeller} \text{ (rad/s)} \\ r &= \text{Jari-jari } \textit{propeller} \text{ (m)} \\ \pi &= 3,14\end{aligned}$$

Rumus ini didapatkan berdasarkan dari prinsip Bernoulli, yaitu Prinsip Bernoulli menyatakan bahwa semakin tinggi kecepatan fluida (untuk ketinggian yang relatif sama), maka tekanannya akan mengecil. Dengan demikian akan terjadi perbedaan tekanan antara udara bagian bawah dan atas sayap: hal inilah yang menciptakan gaya angkat.