

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drone

Drone merupakan pesawat tanpa pilot yang mana pada sistem kendalinya dapat dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang dirancang, atau melalui kendali jarak jauh dari pilot yang terdapat di dataran atau di kendaraan lainnya. Awalnya UAV merupakan pesawat yang dikendalikan jarak jauh, namun sistem otomatis kini mulai banyak diterapkan.

Perkembangan teknologi membuat *drone* juga mulai banyak diterapkan untuk kebutuhan sipil, terutama di bidang bisnis, industri dan logistik. Amazon memulai persaingan industri ini melalui peluncuran layanan *Amazon Prime Air*. Pengangkutan barang menjadi lebih cepat, lebih praktis, minim *human error*, dan mampu menjangkau lokasi terpencil.

Hingga saat ini di dunia industri bisnis, *drone* telah diterapkan dalam berbagai layanan seperti:

- Pengawasan Infrastruktur Fisik (pabrik, pelabuhan, jaringan listrik, dsb.)
- Pengiriman Paket Barang
- Pemadam Kebakaran Hutan
- Eksplorasi Lokasi Tambang, Minyak/Mineral



Gambar 2.1 *drone quadcopter*

(sumber : <http://zoniaelektro.net/komponen-dan-prinsip-kerja-quadcopter/>)



2.2 Komponen Penyusun *Drone Quadcopter*

Dalam proses pembuatannya *drone quadcopter* memiliki beberapa komponen penyusun yang biasa terdapat pada *quadcopter*. Berikut beberapa penjelasan tentang komponen penyusun *quadcopter*.

2.2.1 Motor *Brushless DC (BLDC)*

Motor *brushless direct current (BLDC)* adalah motor yang tidak menggunakan sikat atau *brush* untuk pergantian medan magnet (komutasi) tetapi dilakukan secara komutasi elektronik.

Perbedaan utama antara motor DC magnet permanen (DC-MP) dengan motor *brushless DC* terletak pada pembangkitan medan magnet untuk menghasilkan gaya gerak. Jika pada motor DC-MP medan magnet yang dikontrol berada di rotor dan medan magnet tetap berada di stator. Sebaliknya, motor *brushless* menggunakan pembangkitan medan magnet stator untuk mengontrol gerakannya sedang medan magnet tetap berada di rotor. Motor BLDC mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan motor DC lainnya, yaitu:

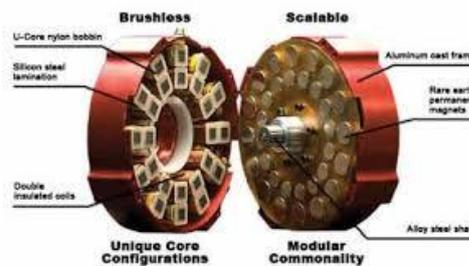
1. Kecepatan yang lebih baik untuk melawan karakteristik tenaga putaran.
2. Tanggapan dinamis tinggi.
3. Efisiensi tinggi.
4. Tahan lama atau usia pakai lebih lama.
5. Nyaris tanpa suara bila dioperasikan.
6. *Speed range* yang lebih luas.

Perbandingan tenaga putaran lebih besar dibanding dengan ukuran motor, dengan ukuran motor yang relatif kecil dapat menghasilkan torsi yang cukup besar. Jadi ini sangat bermanfaat bila akan digunakan pada aplikasi yang sangat kritis terhadap beban dan tempat pemasangan. Menggunakan motor yang bertegangan (rpm/volt) rendah (dibawah 1000KV), ini akan mempengaruhi agresifitas *quadcopter* dan efisiensi. Perkirakan juga beban yang akan di angkat motor, ini akan menentukan pemilihan daya motor.

**Tabel 2.1** Karakteristik Motor DC *Brushless*

Parameter	Nilai
KV (rpm/v)	920
Weight (g)	57
Max Current (A)	16
Resistance (mh)	90
Max Voltage (V)	11
Power(W)	150

(Sumber: http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_18155_turnigy_aerodrive_sk3_2830_920kv_brushless_outrunner_motor.html)

**Gambar 2.2** motor *brushless*

Sumber : (www.nwuav.com)

2.2.2 Remote Control

Teknologi Pengendali (*Remote Control*) adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengoperasikan sebuah mesin dari jarak jauh. *Remote Control* terdiri dari Tx dan Rx (*transmitter* dan *receiver*) yang merupakan pengirim data dan penerima data, data yang dikirim adalah data PPM (*Pulse Position Modulation*) atau PCM (*Pulse Code Modulation*). Dengan frekuensi 27, 35, 72 dan 2,4 GHz.

(sumber : <http://www.electronicglobal.com/2011/09/remote-control.html>)

Beberapa jenis *transmitter* digunakan berdasarkan dari frekuensi yang dipakai, jumlah *channel* (titik yang biasa dikontrol) minimum untuk pesawat model



adalah 3 *channel*, dan fasilitas penyimpanan data digital. Contoh gambar *Remote Control* ditunjukkan pada gambar 2.4 *Remote Control AT-9*.



Gambar 2.3 *Remote Control Radiolink AT-9*

Sumber : (dronesforsaleclassified.com)

Radio transmitter mengirimkan sinyal-sinyal sesuai dengan posisi dari tiap kanal. Bentuk sinyal yang dikirim tidak ada aturan baku yang mengatur sehingga perusahaan pembuat dapat membuat sinyal kirim sesuai dengan keinginan.

Keluaran *radio receiver* dapat langsung digunakan untuk mengendalikan servo dan ESC karena sinyal *radio receiver* merupakan sinyal standar dalam dunia RC. Pada penelitian ini keluaran *receiver* dihubungkan dengan perangkat modul mikrokontroler agar dapat digunakan untuk mengatur gerakan-gerakan *quadcopter* pada saat terbang secara manual. *Radiolink AT-9* ini memiliki 9 kanal, 4 buah digunakan untuk mengatur gerakan *roll*, *pitch*, *yaw*, dan *throttle*, dan 5 kanal sisa digunakan untuk *switch* dari mode manual ke otomatis.

(sumber : <http://eprints.polsri.ac.id/186/3/BAB%20II%20FIX.docx>)

2.2.3 Baterai *Lithium Polymer (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. 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. (sumber : <https://ngelag.com/cara-membuat-drone-quadcopter-komponen/>)

Pada pembuatan *quadcopter* ini menggunakan baterai LiPo (*Lithium polymer*) dengan spesifikasi 5000mAh 3S1P 20C. 5000mAh artinya kapasitas baterai , 3S1P artinya 3 *cell* dipasang secara paralel dengan tiap cell memiliki 3.7 volt artinya baterai ini memiliki voltase sebesar 11.1 volt . sedangkan C adalah singkatan dari *Capacity*, jadi 20 C dengan 5000mAh artinya $20 \times 3000 = 100000\text{mAh} = 100 \text{ A}$. 100A adalah arus yang dikeluarkan baterai dalam waktu sesaat.



Gambar 2.4 Baterai Lipo

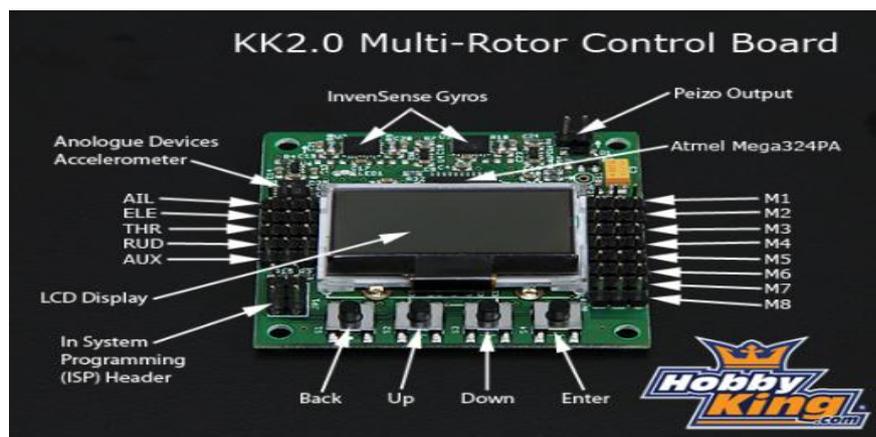
Sumber : (indonesian.alibaba.co)



2.2.4 Flight Controller

Flight Controller merupakan komponen penting *quadcopter* dan menentukan apa saja fitur dari *quadcopter* tersebut atau dapat disebut sebagai pusat saraf dari *drone*. Cara kerja *flight control* dapat dikendalikan berdasarkan GPS untuk mengaktifkan sistem *autopilot* dan diterbangkan melalui cara link telemetri untuk sistem stabilisasi dasar menggunakan *hardware radio kontrol*.

Flight Controller memiliki banyak sensor yang tersedia seperti GPS, sensor tekanan udara, dan sensor kecepatan udara. perangkat utama perhitungan penerbangan berbasis pada *gyroscope* dan ditambah dengan *accelerometer*. (sumber : <http://www.garasidrone.com/apa-saja-yang-dibutuhkan-dalam-membuat-sebuah-multicopter-atau-drone/>)



Gambar 2.5 *Flight Controller*

Sumber : (protoneer.co.nz)

2.2.5 Electronic Speed Control (ESC)

Electronic Speed Control (ESC) adalah rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan putaran motor pada pesawat RC atau helikopter RC, cara kerjanya yaitu dengan cara menterjemahkan sinyal yang diterima *receiver* dari *transmitter*. Di pasaran terdapat berbagai merk ESC dengan kekuatan arus (*current rating*) dan kekuatan voltase (*voltage rating*) serta *feature* yang ditawarkan.



Gambar 2.6 *Electronic Speed Control (ESC)*

Sumber : (www.quadcopters.co.uk)

Untuk menentukan ESC yang akan kita gunakan sangatlah penting untuk mengetahui kekuatan (*peak current*) dari motor. Pilihlah ESC yang kekuatannya melebihi kekuatan motor. Misalnya, dari data kita dapatkan kekuatan motor adalah 12A (sesuai dengan datasheet motor) pada saat *throttle* terbuka penuh. ESC yang akan digunakan adalah ESC yang berkekuatan 18A atau 20A. Jika kita paksakan menggunakan ESC 10A kemungkinan pada saat *throttle* dibuka penuh, ESC akan panas bahkan terbakar.

(sumber : <http://documents.tips/documents/uav55cf85d0550346484b91a475.html>)

2.2.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah di atas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor ultrasonik terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima. Struktur unit pemancar dan penerima sangatlah sederhana, sebuah kristal piezoelectric dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan dengan diafragma penggetar. Tegangan bolak-balik yang memiliki frekuensi kerja 40 KHz – 400 KHz diberikan pada plat logam. Struktur atom dari kristal piezoelectric akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau



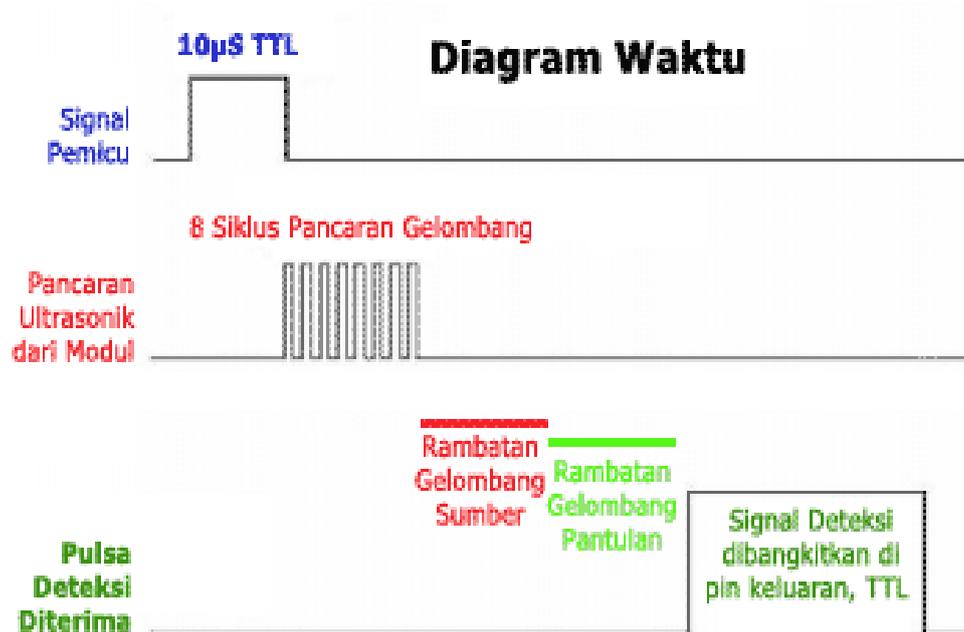
menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan dan ini disebut dengan efek piezoelectric. Kontraksi yang terjadi diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke udara (tempat sekitarnya). Pantulangelombang ultrasonik akan terjadi bila ada objek tertentu dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek piezoelectric menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama.

Sensor ultrasonic HC-SR04 ini berkerja dengan gelombang dengan frekuensi 40KHZ, sehingga tidak bisa didengar oleh telinga manusia dan kemungkinan *noise* sangat kecil sebab rekuensi yang tinggi. Secara teori sensor ultrasonik mendeteksi jarak objek dengan memantulkan gelombang Ultrasonik kemudian mendeteksi pantulanya.



Gambar 2.7 Modul Sensor ultrasonik HC-SR04

Diagram *Timing* ditampilkan di bawah. Hanya perlu menyediakan pulsa 10us untuk pada pin *trigger* , dan kemudian modul akan mengirimkan siklus 8 dari sensor ultra sonic 40 kHz dan mengeluarkan pin *Echo* . Pin *Echo* adalah jarak objek dari lebar pulsa dan sebanding dengan lebar pulsa. Untuk menghitung rentang melalui *interval* waktu antara pengiriman sinyal pemicu dan menerima sinyal *echo*. Sarankan untuk menggunakan lebih 60 ms siklus pengukuran, untuk mencegah sinyal pemicu sinyal *echo*.



Gambar 2.8 Timing Diagram Sensor Ultrasonik

Tabel 2.2 Parameter Listrik Sensor Ultrasonik

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40 kHz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

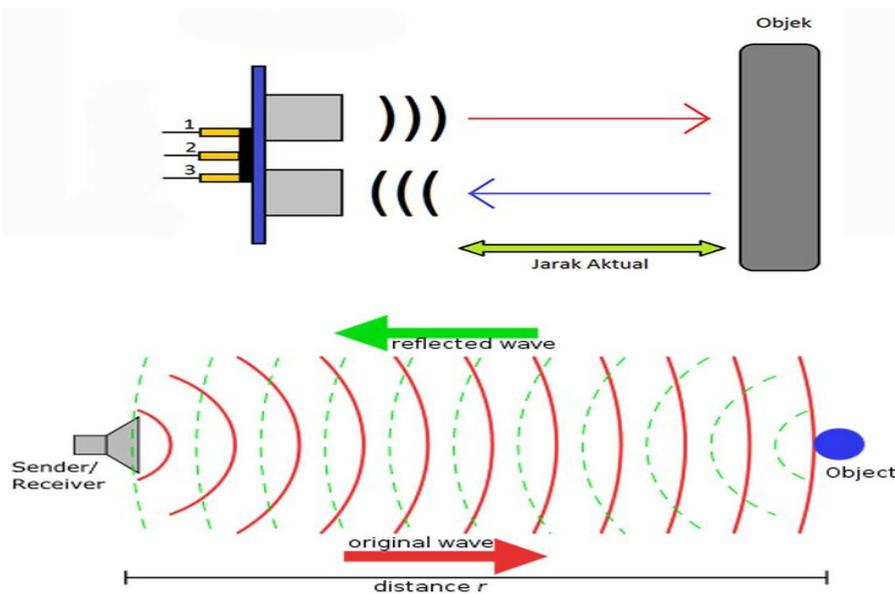


Prinsip kerja Sensor Ultrasonic HC-SR04 yaitu:

- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz, biasanya yang digunakan untuk mengukur jarak benda adalah 40kHz. Sinyal tersebut di bangkitkan oleh rangkaian pemancar ultrasonik.
- Sinyal yang dipancarkan tersebut kemudian akan merambat sebagai sinyal / gelombang bunyi dengan kecepatan bunyi yang berkisar 340 m/s. Sinyal tersebut kemudian akan dipantulkan dan akan diterima kembali oleh bagian penerima Ultrasonik.
- Setelah sinyal tersebut sampai di penerima ultrasonik, kemudian sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jaraknya. Jarak dihitung berdasarkan rumus :

$$S = 340.t/2$$

dimana S adalah jarak antara sensor ultrasonik dengan bidang pantul, dan t adalah selisih waktu antara pemancaran gelombang ultrasonik sampai diterima kembali oleh bagian penerima ultrasonik.



Gambar 2.9 Prinsip kerja sensor ultrasonic HC-SR04



Rumus jarak

$$S = ((V \times t)/2)$$

V = kecepatan (m/s)

t = waktu dari pengiriman sampai ke penerima (ms) sensor ultra sonic

Diketahui V = 34 meter/second

Hitung Jarak (S) = ?

t = 29 milli second

$$S = (34 \text{ meter/second} \times 29 \text{ milli second})/2$$

$$S = (34 \text{ meter/second} \times 0,029 \text{ meter/second})/2$$

$$S = 0,986 \text{ meter/second} / 2$$

$$S = 0,493 \text{ meter}$$

$$S = 0,493 \times 100$$

$$S = 49,3 \text{ CM}$$

2.2.7 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan sirkuit berbasis mikrokontroler ATmega328. IC (integrated circuit) ini memiliki 14 input/output digital (6 output untuk PWM), 6 analog input, resonator kristal keramik 16 MHz, Koneksi USB, soket adaptor, pin header ICSP, dan tombol reset. Hal inilah yang dibutuhkan untuk mensupport mikrokontrol secara mudah terhubung dengan kabel *power* USB atau kabel *power* supply adaptor AC ke DC atau juga battery. Uno berbeda dari semua *board* mikrokontrol diawal-awal yang tidak menggunakan *chip* khusus *driver* FTDI USB-to-serial. Sebagai penggantinya penerapan *USB-to-serial* adalah ATmega16U2 versi R2 (versi sebelumnya ATmega8U2). Versi Arduino Uno Rev.2 dilengkapi resistor ke 8U2 ke garis *ground* yang lebih mudah diberikan ke mode DFU.

- Keunggulan board Arduino Uno *Revision 3* antara lain:
 - 1.0 pinout: ditambahkan pin SDA dan SCL di dekat pin AREF dan dua pin lainnya diletakkan dekat tombol RESET, fungsi IOREF melindungi kelebihan tegangan pada papan rangkaian. Keunggulan



perlindungan ini akan kompatibel juga dengan dua jenis *board* yang menggunakan jenis AVR yang beroperasi pada tegangan kerja 5V dan Arduino Dua tegangan operasi 3.3V

- Rangkaian *RESET* yang lebih mantap.
- Penerapan ATmega 16U2 pengganti 8U2.
- Bahasa "UNO" berasal dari bahasa Italia yang artinya SATU, ditandai dengan peluncuran pertama Arduino 1.0, Uno pada versi 1.0 sebagai referensi untuk Arduino yang selanjutnya, seri Uno versi terbaru dilengkapi USB.

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino uno

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g



Arduino Uno dapat disupply langsung ke USB atau *power supply* tambahan yang pilihan *power* secara otomatis berfungsi tanpa saklar. Kabel external (non-USB) seperti menggunakan adaptor AC ke DC atau baterai dengan konektor plug ukuran 2,1mm polaritas positif di tengah ke jack *power* di *board*. Jika menggunakan baterai dapat disematkan pada pin GND dan Vin di bagian *Power* konektor. Papan Arduino ini dapat disuplai tegangan kerja antara 6 sampai 20 volt, jika catu daya di bawah tegan standart 5V board akan tidak stabil, jika dipaksakan ke tegangan regulator 12 Volt mungkin board arduino cepat panas (overheat) dan merusak board. Sangat direkomendasikan tegangannya 7-12 volt.

- **Memory**

ATmega328 memiliki memory 32 KB (dengan 0.5 KB digunakan sebagai *bootloader*). Memori 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat baca tulis dengan libari EEPROM).

- **Input and Output**

Masing-masing dari 14 pin UNO dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan perintah fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()` yang menggunakan tegangan operasi 5 volt. Tiap pin dapat menerima arus maksimal hingga 40mA dan resistor internal *pull-up* antara 20-50kohm, beberapa pin memiliki fungsi kekhususan antara lain:

- **Serial:** 0 (RX) dan 1 (TX). Sebagai penerima (RX) dan pemancar (TX) TTL serial data. Pin ini terkoneksi untuk pin korespondensi *chip* ATmega8U2 USB-toTTL Serial.
- **External Interrupts:** 2 dan 3. Pin ini berfungsi sebagai konfigurasi *trigger* saat interupsi value *low*, naik, dan tepi, atau nilai *value* yang berubah-ubah.
- **PWM:** 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Melayani *output* 8-bit PWM dengan fungsi `analogWrite()`.



- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin yang *support* komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.
- LED: 13. Terdapat LED indikator bawaan (built-in) dihubungkan ke digital pin 13, ketika nilai value HIGH led akan ON, saat *value LOW* led akan OFF.
- Uno memiliki 6 analog input tertulis di label A0 hingga A5, masing-masingnya memberikan 10 bit resolusi (1024). Secara asal *input analog* tersebut terukur dari 0 (*ground*) sampai 5 volt, itupun memungkinkan perubahan teratas dari jarak yang digunakan oleh pin AREF dengan fungsi *analogReference()*.

Sebagai tambahan, beberapa pin ini juga memiliki kekhususan fungsi antara lain:

- TWI : pin A4 atau pin SDA dan and A5 atau pin SCL. *Support* TWI communication menggunakan *Wire library*.
- AREF : Tegangan referensi untuk input analog. digunakan fungsi *Analog Reference()*.
- Reset : Menekan jalur *LOW* untuk mereset mikrokontroler, terdapat tambahan tombol reset untuk melindungi salah satu blok.

2.2.8 GPS (*Global Position System*)

GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca, serta didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti dan juga informasi mengenai waktu secara kontinyu di seluruh dunia.

Secara komersial alat ini selain dapat membantu pengguna dalam menentukan lokasinya di permukaan bumi, juga dapat merekomendasikan lintasan dari lokasi saat ini hingga tujuan perjalanan, merekam lintasan yang pernah dilalui dan memberikan informasi lokasi fasilitas-fasilitas penting terdekat seperti ATM, Bank, dan supermarket.

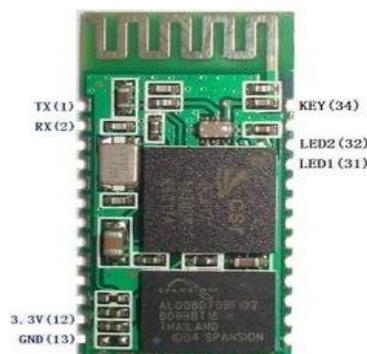


Gambar 2.10 GPS modul *quadcopter*

(Sumber : www.aliexpress.com)

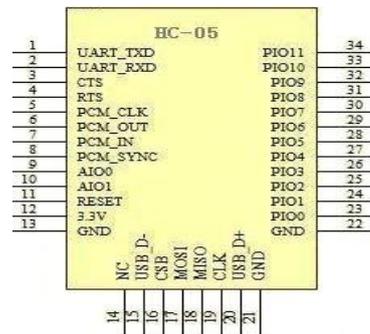
2.2.9 Modul *Bluetooth* HC-05

Bluetooth adalah protokol komunikasi wireless yang bekerja pada frekuensi radio 2.4 GHz untuk pertukaran data pada perangkat bergerak seperti PDA, laptop, HP, dan lain-lain. Salah satu hasil contoh modul *Bluetooth* yang paling banyak digunakan adalah tipe HC-05. Modul *Bluetooth* HC-05 merupakan salah satu modul *Bluetooth* yang dapat ditemukan dipasaran dengan harga yang relatif murah. Modul *Bluetooth* HC-05 terdiri dari 6 pin konektor, yang setiap pin konektor memiliki fungsi yang berbeda - beda. Untuk gambar *module bluetooth* dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.11 Modul *Bluetooth* HC-05

Modul *Bluetooth* HC-05 dengan *supply* tegangan sebesar 3,3 V ke pin 12 modul *Bluetooth* sebagai VCC. Pin 1 pada modul *Bluetooth* sebagai *transmitter*. kemudian pin 2 pada *Bluetooth* sebagai receiver. Berikut merupakan konfigurasi pin *bluetooth* HC-05 ditunjukkan pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.12 Konfigurasi Pin HC-05

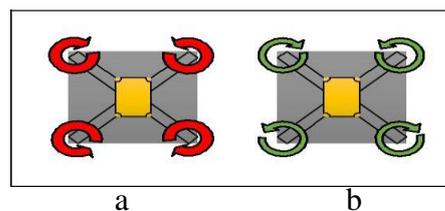
Module *Bluetooth* HC-05 merupakan module *Bluetooth* yang bisa menjadi slave ataupun master hal ini dibuktikan dengan bisa memberikan notifikasi untuk melakukan pairing perangkat lain, maupun perangkat lain tersebut yang melakukan pairing ke module *Bluetooth* CH-05.

2.3 Kendali *Quadcopter*

Pada ujung setiap *frame* terpasang 4 buah motor *brushless* dan *propeller*, Motor ini yang akan memutar *Propeller*. Dengan mengatur kecepatan putaran dan mengatur arah putaran kedalam, sehingga menghilangkan gaya sentrifugal disekitar *quadcopter* mengakibatkan *quadcopter* bisa terangkat/terbang dan ber-*manuver*. Ada 4 pengaturan dasar kecepatan putaran *propeller*. Pengaturan *throttle propeller*, pengaturan *pitch propeller*, pengaturan *yaw propeller*, dan pengaturan *roll propeller*.

2.3.1 *Throttle Control*

Pengaturan ini bertujuan untuk melakukan *vertical take-off and landing* (VTOL) bergerak ke atas dan ke bawah.



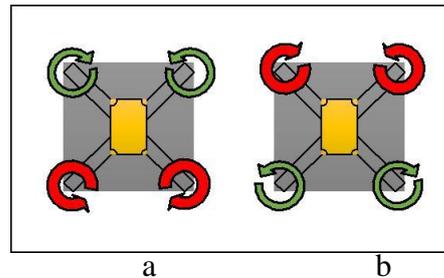
Gambar 2.13 Pengaturan *Throttle Propeller*



Putaran yang merah menandakan *propeller* berputar dengan cepat yang mengakibatkan *quadcopter* akan terangkat (*take-off*), sedangkan putaran yang hijau menandakan *propeller* berputar dengan lambat yang mengakibatkan *quadcopter* akan turun/mendarat (*landing*).

2.3.2 Pitch Control

Pengaturan *pitch propeller* adalah pengaturan yang diberikan agar *quadcopter* bergerak maju dan bergerak mundur. Berikut gambar yang menampilkan ilustrasi kecepatan putar *propeller* untuk pengaturan *pitch*.

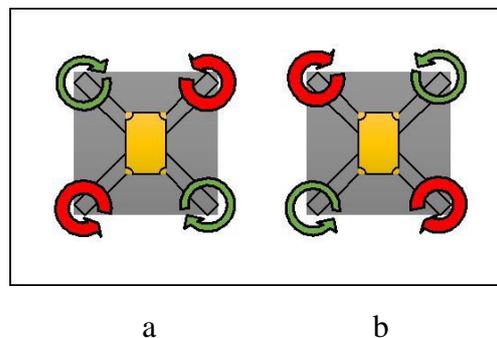


Gambar 2.14 Pengaturan *pitch propeller*

Pada gambar 2.14 a menampilkan ilustrasi *quadcopter* bergerak maju, sedangkan gambar 2.14 b menampilkan ilustrasi *quadcopter* bergerak mundur.

2.3.3 Yaw Control

Pengaturan *yaw control* bertujuan agar *quadcopter* bergerak berputar kekiri dan bergerak ke kanan. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.15 berikut ini.



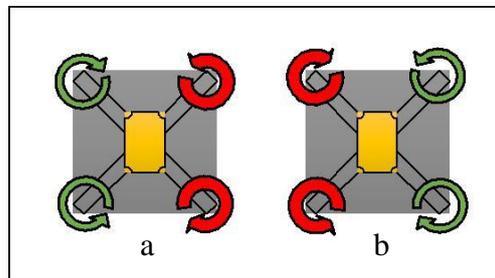
Gambar 2.15 Pengaturan *Yaw Propeller*



Pada gambar 2.15a menampilkan ilustrasi pergerakan *quadcopter* bergerak memutar kekiri (*left rotate*) dan gambar 2.15b menampilkan ilustrasi pergerakan *quadcopter* memutar kekanan (*right rotate*).

2.3.4 Roll Control

Pengaturan *roll propeller* diberikan agar *quadcopter* bergerak kekiri dan kekanan. Ilustrasi pengaturan roll propeller dapat dilihat pada gambar 2.16 di bawah ini.



Gambar 2.16 Pengaturan *Roll Propeller*

Pada gambar 2.16a menampilkan ilustrasi gerak kekiri, sedangkan gambar 2.16b menampilkan ilustrasi gerak kekanan.