

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun beberapa jurnal/makalah sejenis yang telah ada sebelumnya yang menjadi bahan penyusunan penelitian tugas akhir ini adalah:

Penelitian yang dilakukan oleh Khumairowati dan bekti (2020) dengan judul “Analisis Motor Pada *Quadcopter*” pada penelitian ini membahas tentang pengujian terhadap quadmotor didapat bahwa gaya yang dibutuhkan untuk terbang 3.185 kg m/s^2 , untuk dapat bergerak keatas gaya harus lebih dari 1.5925 kg m/s^2 dan gaya tidak boleh lebih dari 6.37 kg m/s^2 untuk dapat bergerak turun, dengan lama terbang 10,207 menit, efisiensi motor 91,1%, torsi 0.089 Nm dan kecepatan sinkron motor 428.57 rpm.

Penelitian yang dilakukan oleh Utomo (2015) dengan judul “Rancang Bangun UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) Model *Quadcopter* Dengan Menggunakan Algoritma Proportional Integral Derivative” pada penelitian ini *Quadcopter* yang dirancang menggunakan frame dengan konfigurasi “+” dan memiliki dimensi yang telah ditentukan sebesar 60 cm x 60 cm x 15 cm dengan berat keseluruhan 876 g dan frame yang digunakan menggunakan bahan alumunium. Untuk memberi daya angkat dan sebagai penggerak *propeller* pada *Quadcopter* dapat bergerak bebas diudara, maka motor brushless yang digunakan Turnigy 1200 Kv dan menggunakan *propeller* dengan dimensi 10 x 4.5, sebagai pengendali arah putaran keempat motor maka menggunakan ESC (*Electronic Speed Control*) sebesar 20A, untuk menjaga keseimbangan *Quadcopter* maka digunakanlah sensor gyroscope dan accelerometer IMU 10 DOF, kemudian diproses menggunakan mikrokontroler ATmega 328P sebagai pengontrol keempat motor. Baterai lithium 3300 mAh/3sell yang berperan sebagai mengaktifkan seluruh perangkat elektronika pada *Quadcopter*, dan dengan menggunakan remot control Tx/Rx 6 channel 2,4 GHz agar *Quadcopter* dapat dikendalikan dari jarak jauh.

Penelitian yang dilakukan oleh Fernando dan Derist (2016) dengan judul “Rancang Model Frame Multicopter: literature Review” pada penelitian ini memaparkan Model-model multicopter yang dapat digunakan untuk perancangan multicopter. Penelitian ini menggunakan metode literature review. Literature didapat dengan melakukan penelusuran di berbagai artikel ilmiah yang terbit pada jurnal ilmiah bereputasi internasional, penelitian ini mereview dan menganalisis model-model multicopter. Artikel yang berkaitan dengan “model frame multicopter” dikumpulkan melalui database jurnal online seperti: Google Scholar, ProQuest, EBSCOhost, dan IEEEexplore. “model multicopter” dan “design multicopter” digunakan sebagai kata kunci dalam pencarian artikel. Penelitian ini menemukan bahwa model multicopter untuk merancang pesawat multicopter ada 4 model multicopter yaitu: tricopter, *quadcopter*, octacopter, hexacopter. Multicopter tipe tricopter merupakan multicopter yang sangat menghemat daya arus dalam pengguna sedangkan Multicopter dengan tipe hexacopter dan octacopter merupakan multicopter yang memiliki stabilitas tinggi dalam penerbangan.

Penelitian yang dilakukan oleh Saputra dan Bambang (2013) dengan judul “Rancang Bangun Prototipe UAV Dengan Tiga Rotor” Dalam penelitian ini, sebuah UAV akan dikembangkan dengan tiga buah rotor dan satu buah motor servo di bagian belakang UAV. Perancangan model menggunakan software CATIA dengan batasan dimensi (panjang \times lebar) maksimum 75×75 cm dan massa < 2 kg. Hasil yang didapat berupa UAV yang memiliki struktur rangka dengan defleksi maksimum 3,67 mm pada rangka tengah yang berbahan acrylic. Dalam pengujian di lapangan, UAV dapat melakukan gerak roll, pitch, dan yaw yang dikendalikan melalui remote control. Waktu operasi maksimum yang dapat dilakukan adalah selama 7 menit 43 detik.

Penelitian yang dilakukan oleh Prakoso (2015) dengan judul “Implementasi DJI Naza M-Lite Pada *quadcopter*” dalam penelitian ini membahas bagaimana mengoperasikan *quadcopter* menggunakan DJI NAZA M-LITE *Flight Control*. *quadcopter* diterbangkan menggunakan empat motor brushless. *Quadcopter* tersebut dikontrol menggunakan remote control Turnigy 6 Channel. Setelah sistem *quadcopter* selesai dirakit, kemudian dilakukan kalibrasi antara flight

control dan remot menggunakan komputer. Kalibrasi dilakukan untuk menyesuaikan pergerakan *quadcopter* terhadap perintah yang dikirim oleh remot. Pengujian dilakukan di ruang terbuka. Hasil pengujian secara umum, *Quadcopter* dapat bergerak dengan baik.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dapat disimpulkan adalah sama-sama membahas tentang rancang bangun *quadcopter* untuk *aerial photography* tetapi tidak membahas data hasil perhitungan daya angkat, lama terbang dan jarak terbang yang sebenarnya dilapangan.

2.2 Drone

Drone atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan suatu pesawat nirawak atau tanpa awak (*autopilot*) yang dikendalikan dengan *Remote Control* (RC) yang biasa digunakan untuk keperluan militer, pemetaan, foto atau sekedar hobi. *Drone* terdiri dari 2 buah tipe pesawat, yaitu *Fixed wings* dan *Rotary wings* (Utomo, 2015). *Drone* tipe *fixed wings* memiliki desain yang mirip dengan pesawat terbang dengan *flap* pada kedua lengan pesawat dan *rudder* pada ekornya yang dapat dikendalikan sesuai keinginan. *Drone fixed wings* memiliki kecepatan dan efisiensi energi yang besar, namun manuverabilitasnya kecil. Sedangkan *drone* tipe *rotary wings* lebih mirip dengan helicopter. *Drone* termasuk jenis UAV multirotor karena memiliki motor lebih dari satu. *Drone* termasuk salah satu rotor *craft* yang dapat lepas landas / *Take off* dan mendarat / *Landing* secara Vertikal yaitu tegak lurus dengan bumi sehingga *Drone* dapat diterbangkan di wilayah yang sempit. Ada beberapa jenis *frame* yang digunakan oleh para pembuat desain multirotor. Jenis *frame* tersebut adalah *tricopter*, *quadcopter*, *hexacopter*, dan *octocopter*.

Tabel 2.1 Perbandingan jenis *Multicopter*

Jenis <i>Multicopter</i>	Deskripsi	Kekurangan	Kelebihan
<i>Tricopter</i>	Multicopter ini memiliki lengan 3 dan juga memiliki motor tiga di setiap lengan, bentuk yang dapat digunakan dalam melakukan perancangan ada dalam bentuk huruf T dan Y.	Pesawat sangat kurang dalam Stabilitas penerbangan, apabila ada kesalahan pada salah satu motor	1. Memiliki efisiensi dalam penggunaan sumber daya 2. Kemudahan dalam melakukan navigasi terbang
<i>Quadcopter</i>	Multicopter yang mempunyai 4 motor dan 4 lengan	Stabilitas dalam penerbang sangat kurang apabila ada kesalahan pada salah satu motor, banyak menggunakan daya sehingga memerlukan sumber daya yang banyak yang diakibatkan dengan jumlah motor yang banyak	1. Memiliki stabilitas dalam penerbangan dalam kondisi baik 2. Memiliki seimbangan dalam penerbangan 3. Navigasi dalam segara motor dapat berfungsi
<i>Hexacopter</i>	Multicopter yang mempunyai 6 lengan dan 6 motor	Pesawat banyak menggunakan daya sehingga memerlukan sumber daya yang banyak, dikarenakan menggunakan jumlah motor yang banyak	Memiliki kestabilan penerbangan yang sangat baik

Jenis <i>Multicopter</i>	Deskripsi	Kekurangan	Kelebihan
<i>Octocopter</i>	Multicopter yang mempunyai 8 lengan dan 8 motor	Pesawat banyak menggunakan daya sehingga memerlukan sumber daya yang banyak, dikarenakan menggunakan jumlah motor yang banyak	Memiliki kestabilan penerbangan yang sangat baik

Pada tabel 2.1 terdapat jenis drone serta kekurangan dan kelebihan masing-masing pada jenis *drone* tersebut, kesimpulan yang didapat dari tabel tersebut yaitu peneliti akan membuat *drone* dengan tipe *quadcopter* dikarenakan daya yang diperlukan tidak terlalu banyak dibandingkan dengan jenis *hexacopter* dan *octocopter*, juga memiliki keseimbangan yang lebih baik dibandingkan jenis drone dengan tipe *tricopter*.

2.3 Gerakan Pada Drone

Adapun gerakan dasar pada *drone* yaitu: *throttle*, *roll*, *pitch*, dan *yaw*.

1. *Throttle*

Throttle adalah gerakan naik turun *drone*, saat dilakukan *throttle* maka putaran keempat baling-baling akan bergerak dengan rpm yang sama sehingga membuat *drone* bergerak secara vertikal keatas.

2. *Roll*

Roll adalah gerakan manuver ke kiri dan kanan, saat *roll* ke kanan maka putaran baling-baling sisi kiri ditingkatkan, untuk melakukan *roll* ke kiri maka putaran baling-baling kanan ditingkatkan.

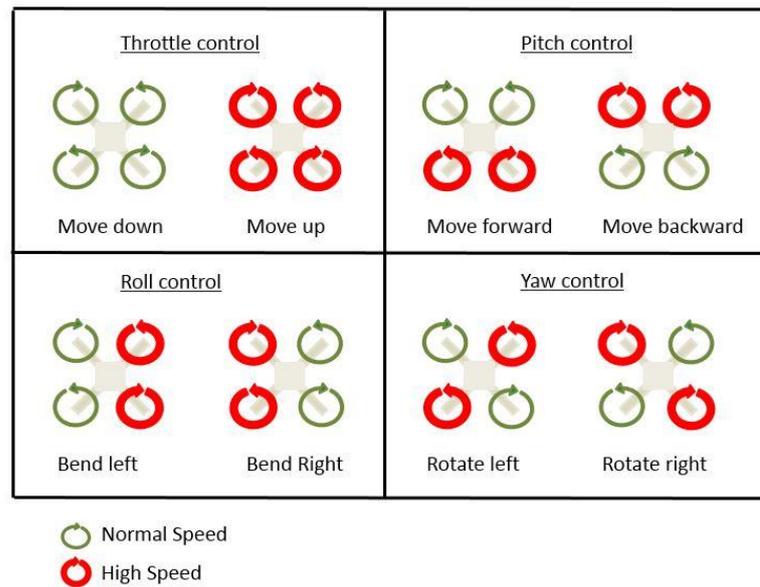
3. *Pitch*

Pitch adalah gerakan maju atau mundur pada *drone*, *pitch* dicapai dengan kecepatan baling-baling bagian belakang ditingkatkan dan depan tetap untuk gerakan maju atau sebaliknya.

4. *Yaw*

Yaw adalah gerakan berputar pada *drone* tetapi posisi *drone* tidak berpindah tempat, dicapai dengan baling-baling pada posisi silang ditingkatkan kecepatannya.

Adapun Gambar 2.1 (<https://www.plazakamera.com/cara-menerbangkan-drone-untuk-pemula>) menunjukkan gerakan dasar pada *drone*.



Gambar 2.1 Gerakan pada *drone*

2.4 Komponen *Quadcopter*

Dalam melakukan pembuatan *quadcopter* foto udara diperlukan beberapa komponen, diantaranya yaitu *Motor Brushless*, *Propeller*, *ESC*, *Flight Controller*, rangka, baterai Li-po, dan *Remote Control*, dan *Action Camera*.

2.4.1 Motor *Brushless* (BLDC)

Brushless motor adalah sebuah motor *synchron* 3 fasa tanpa sikat yang merupakan sebuah semikonduktor untuk merubah atau membalik arah putaran motor. Disebut motor *synchron* karena medan magnet yang dihasilkan stator (bagian yang tidak bergerak) dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor (bagian yang bergerak) berputar pada frekuensi yang sama. BLDC motor sudah digunakan sejak Tahun 1886. Motor BLDC mulai populer pada tahun 1992.

Keterbatasan motor DC (menggunakan sikat sebagai media hantar arus dari sumber ke komutator), telah diatasi oleh motor BLDC ini, penggunaan sumber DC untuk pengontrolan, dan tanpa adanya *brush* adalah ciri utama dari motor BLDC. Tenaga dari motor ini lebih besar walaupun motor tersebut berukuran lebih kecil tetapi dapat menghasilkan torsi cukup besar jika dibandingkan dengan ukuran motornya.

Adapun gambar 2.2 (sumber: <https://m.made-in-china.com/product/2312-800kv-High-Efficient-Brushless-DC-Motor-for-RC-Camera-Drone-with-Auto-Lock-Propeller-Motor-762557572.html>) menunjukkan gambar motor 2312.



Gambar 2.2 Motor BLDC

(sumber: <https://m.made-in-china.com/product/2312-800kv-High-Efficient-Brushless-DC-Motor-for-RC-Camera-Drone-with-Auto-Lock-Propeller-Motor-762557572.html>)

Motor DC yang menggunakan sikat seringkali menimbulkan masalah yaitu ausnya ‘siklat’ dan timbulnya *electrical noise*. Oleh karena itu dikembangkan motor DC tanpa sikat atau *motor brushless* yang mempunyai kelebihan yaitu: efisiensi tinggi, umur yang panjang, konsumsi energi yang kecil dan tidak menimbulkan *electrical noise*. Motor BLDC memiliki angka sebagai nama atau spesifikasi pada motor tersebut, misal motor 2312 800kv yang berarti ukuran diameter 23 mm dan tinggi 12 mm sedangkan 800kv artinya 800 rpm/volt dimana jika menggunakan baterai 3s yang berarti 11.1 v maka motor akan berputar dengan kecepatan maksimal $800 \times 11.1 = 8.880$ rpm.

2.4.2 *Propeller* (Baling-Baling)

Propeller adalah bagian dari mesin yang berfungsi menjadi alat penggerak mekanik pada pesawat terbang, kapal laut, hover craft dan jenis lainnya. Yang dimana daya angkat pada pesawat ini dapat terjadi dikarenakan adanya rotasi dari motor (Utomo, 2015).

Pada prinsipnya penggunaan baling-baling yang berdimensi besar akan mengurangi kelincahan *quadcopter*, namun lebih meringankan kinerja dari motor untuk mencapai titik yang ditentukan sehingga dengan menggunakan baling-baling berdimensi besar dapat menghemat penggunaan energi (baterai). Sebaliknya, penggunaan baling-baling yang berdimensi kecil akan menambah kelincahan *quadcopter*, namun lebih membebani kinerja dari motor *brushless* untuk mencapai titik yang ditentukan sehingga dengan menggunakan baling-baling berdimensi kecil ini penggunaan energi (baterai) dalam pengoperasiannya akan lebih boros. Untuk pemilihan baling-baling yang akan digunakan perlu mempertimbangkan banyak aspek agar kinerja dari perangkat dapat berjalan dengan baik.

Jumlah bilah pada baling-baling juga mempengaruhi kinerja dari *quadcopter* tersebut, menurut (Theys dkk, 2016) yang melakukan penelitian antara dua bilah dan tiga bilah didapatkan hasil terjadi penurunan efisiensi gaya angkat sekitar 4% pada tiga bilah pada rpm yang sama tetapi tiga bilah mempunyai *noise* atau kebisingan yang rendah dibanding dua bilah. Adapun gambar 2.3 (sumber: <https://www.tokopedia.com/anekehoby/black-8045-propeller-8x4-5-cw-ccw-1-pair-for-multicopter-quadcopter?extParam=ivf%3Dfalse%26src%3Dsearch>) menunjukkan *propeller*.



Gambar 2.3 Propeller

(sumber: <https://www.tokopedia.com/anekehoby/black-8045-propeller-8x4-5-cw-ccw-1-pair-for-multicopter-quadcopter?extParam=ivf%3Dfalse%26src%3Dsearch>)

Propeller memiliki dua jenis arah putaran; searah jarum jam (CW, *clockwise*) dan berlawanan arah jarum jam (CCW, *counter clockwise*). Arah putar ini menentukan *yawing moment* yang dihasilkan dari *propeller*. Pada *Quadcopter*, dibutuhkan sepasang *propeller* CW dan CCW agar *yawing moment* dapat saling dinetralkan.

2.4.3 Electronic Speed Controller (ESC)

Electronic Speed Controller (ESC) yaitu rangkaian elektronik yang digunakan untuk mengatur putaran motor sesuai arus listrik yang dibutuhkan oleh motor. ESC yang dimaksud disini bekerja dan hanya bisa digunakan untuk motor jenis 3 fasa connector. Sedangkan untuk motor DC dapat bekerja tanpa menggunakan ESC dan dapat bekerja dengan ESC 2 fasa (Utomo,2015). Untuk menentukan ESC yang akan digunakan sangatlah penting untuk mengetahui kekuatan (*peak current*) dari motor. Kekuatan ESC yang digunakan seharusnya melebihi kekuatan motor. Misalnya, dari data didapatkan kekuatan motor adalah 12A (sesuai dengan datasheet motor) pada saat *throttle* terbuka penuh. sebaiknya ESC yang akan digunakan adalah ESC yang berkekuatan 18A atau 20A. Jika dipaksakan menggunakan ESC 10A kemungkinan pada saat *throttle* dibuka penuh, ESC akan panas bahkan terbakar. Adapun gambar 2.4 (sumber: <https://www.tokopedia.com/homeidn/esc-emax-blheli-20a-esc-speed-controller-2a5v-bec-quadcopter-ecs-rc>) menunjukkan gambar ESC.



Gambar 2.4 ESC (*Electronic Speed Controller*)

(sumber: <https://www.tokopedia.com/homeidn/esc-emax-blheli-20a-esc-speed-controller-2a5v-bec-quadcopter-ecs-rc>)

2.4.4 *Flight Controller*

Flight controller adalah komponen yang sangat penting pada *drone* atau UAV, FC ini seperti otak yang dimana fungsinya mengatur semua pengontrolan, sensing, dan komunikasi dengan cara membaca beberapa sinyal yang berasal dari sensor lalu mengkalkulasikan yang tujuannya adalah untuk memberi perintah pada *drone*, agar bergerak sesuai yang diharapkan. Adapun gambar 2.5 (sumber: https://www.alibaba.com/pla/Radiolink-TS100-Mini-PIX-PX4-Flight_62150592329.html) menunjukkan gambar *flight control* Mini Pix.



Gambar 2. 5 *Flight controller*

(sumber: https://www.alibaba.com/pla/Radiolink-TS100-Mini-PIX-PX4-Flight_62150592329.html)

Sederhananya, tugas *flight controller* adalah mengontrol daya, atau RPM (*Revolutions Per Minute*), untuk setiap motor pada *drone* sebagai respon terhadap informasi yang diterima dari pengontrol *drone*. Saat pilot *drone* menggeser

joystick ke kanan pada *remote controller*, maka drone *flight controller* inilah yang sebenarnya membuat *drone* bergerak ke kanan.

Dalam *flight control* terdapat sensor-sensor yang dapat membuat terbang *quadcopter* tersebut stabil, yaitu:

1. Akselerometer dan *gyroscope*

Akselerometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan atau perubahan kecepatan terhadap waktu. Sensor ini dipasang bersama benda yang akan diukur akselerasinya, seperti mengukur perubahan kecepatan roket yang meluncur atau digunakan untuk analisis getaran (*vibration analysis*) pada mesin, serta digunakan untuk mendeteksi gerak dan kemiringan.

Pada aplikasinya akselerometer digunakan sebagai sensor pendeteksi arah percepatan gravitasi yang nantinya akan diolah menjadi sudut kemiringan pesawat terhadap bidang horizontal permukaan bumi. Akselerometer mengukur percepatan translasi sedangkan *gyro* mengukur rotasi. Kombinasi dari kedua pengukuran tersebut memungkinkan *flight controller* menghitung *attitude* (sikap) gerakan *drone* dan melakukan koreksi.

2. Barometer

Barometer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan udara. Dalam perancangan ini barometer digunakan untuk mengetahui ketinggian *quadcopter*, menggunakan prinsip tekanan udara yang berbeda pada ketinggian yang berbeda.

3. GPS dan Kompas elektronik

GPS adalah suatu jaringan satelit yang mengizinkan pemakai untuk menentukan garis lintang, garis bujur dan ketinggian di atas permukaan. Satelit memancarkan isyarat dengan panjang atau pendeknya suatu gelombang, kemudian membandingkannya dengan radar. Sinyal diatur dengan waktu dan kode identifikasi. Kedua control posisi GPS dan kompas dipadukan dalam sebuah modul elektronik agar mendapat control posisi yang maksimal dengan kapasitas maksimal.

2.4.5 Rangka (*Frame*)

Rangka adalah tempat untuk menaruh atau menggabungkan semua komponen *Quadcopter* menjadi satu yang berisikan motor, baterai, ESC, *receiver*, dan *flight controller*. Ada beberapa kualitas yang harus dipenuhi saat memilih rangka *Quadcopter*, seperti memiliki kekakuan yang baik, seringan mungkin dan mampu membawa beban, juga minim getaran yang disebabkan motor (Kuantama dkk, 2016). Adapun gambar 2.6 (sumber: <https://www.indiamart.com/proddetail/f330-glass-fiber-mini-quadcopter-frame-330mm-23757762673.html>) menunjukkan gambar rangka *quadcopter*.



Gambar 2.6 Rangka *Quadcopter*

(sumber: <https://www.indiamart.com/proddetail/f330-glass-fiber-mini-quadcopter-frame-330mm-23757762673.html>)

Banyak rangka material yang digunakan untuk frame sesuai dengan kebutuhan, biaya dan kualitas. *Frame* yang biasa digunakan yaitu berbahan dasar fiberglass karena mempunyai kualitas baik dan tahan terhadap benturan. Untuk kualitas yang bagus biasanya menggunakan serat karbon tetapi memerlukan biaya yang mahal.

2.4.6 Baterai Li-po

Baterai Li-Po adalah baterai yang dapat diisi ulang dari teknologi *lithium-ion* menggunakan elektrolit polimer sebagai pengganti elektrolit cair. Polimer semi padat (gel) konduktivitas tinggi membentuk elektrolit ini. Baterai ini memberikan energi spesifik yang lebih tinggi daripada jenis baterai litium lainnya dan digunakan dalam aplikasi yang mengutamakan bobot, seperti peranti bergerak, pesawat yang dikendalikan radio, dan beberapa kendaraan listrik.

Baterai Li-Po merupakan singkatan dari *Lithium Polymer*. Jenis baterai ini sudah dikembangkan sejak tahun 1970an. Hasil desain dari baterai Li-Po lebih

tipis, sehingga bisa didesain berbentuk seperti handphone, tetapi tetap memiliki daya tahan baterai yang lebih baik daripada baterai Li-ion. Li-Po ukurannya yang tipis, sehingga akan menghasilkan berat yang cukup ringan. Sehingga dalam proses pembuatannya, akan membuat biaya produksi yang lebih tinggi.

Baterai Li-Po memiliki kelebihan dan kekurangan, baterai li-po memiliki dua keunggulan. Pertama keunggulan dari baterai ini adalah memiliki kapasitas yang besar dibandingkan jenis baterai lainnya yang ukurannya sama sehingga dapat menampung energi lebih besar, pada baterai jenis NiCad atau NiMH tiap sel memiliki 1,2 volt sedangkan pada baterai Li-Po memiliki rating 3,7 volt per sel, tegangan baterai yang tinggi dapat dicapai dengan menggunakan jumlah sel yang lebih sedikit. kedua memiliki berat yang lebih ringan dan dapat dibuat dengan berbagai ukuran dan bentuk.

Kekurangan dari baterai li-po ada dua, yang pertama baterai ini memiliki sifat yang sensitif dan sifat kimiawi dari baterai ini dapat menyebabkan ledakan jika terganggu, kedua memiliki usia penggunaan yang pendek dibandingkan baterai yang lain. Adapun gambar 2.7 (sumber: <https://shopee.co.id/Turnigy-2200mAh-3S-40C-Lipo-Pack-i.271039778.7245124670>) menunjukkan gambar baterai lipo.



Gambar 2.7 Baterai Li-Po

(sumber: <https://shopee.co.id/Turnigy-2200mAh-3S-40C-Lipo-Pack-i.271039778.7245124670>)

Pada penelitian ini baterai yang digunakan yaitu baterai Li-Po, pemilihan ini karena baterai Li-Po baterai yang ringan, juga mempunyai daya yang besar.

2.4.7 Remote Control

Remote Control merupakan alat yang terdiri dari *Transmitter* (Tx) sebagai pengirim sinyal dan *Receiver* (Rx) sebagai penerima sinyal. Fungsi dari *Remote Control* ini adalah sebagai pengendali jarak jauh ketika dioperasikan pada mode manual. *Transmitter* digunakan sebagai pengendali *drone*, akan diterima oleh *receiver* yang terpasang pada *drone* sebagai penerima pesan sinyal selanjutnya akan dikirim ke *flight controller* untuk diterjemahkan sesuai data yang terprogram (Harista dan Satyo, 2018).

Remote Control hadir dalam berbagai *bandwidth* dan saluran yang berbeda. Yang paling sering digunakan adalah *Remote Control* dengan frekuensi 2,4 GHz, karena tidak memerlukan kristal untuk ditukarkan ketika terbang menggunakan *Remote Control* 2,4 GHz lainnya. Kristal adalah pembangkit pulsa, atau osilator yang menuntut kestabilan frekuensi tinggi dalam jangka waktu yang panjang untuk mensinkronkan antara sinyal Tx dan Rx. Meskipun jangkauan *Remote Control* tanpa kristal mungkin lebih pendek namun sebagian besar masih mencapai jangkauan sekitar 1000 meter. Untuk *quadcopter*, *Remote Control* yang sebagai Tx minimal memiliki empat saluran untuk mengendalikan empat gerakan dasar *quadcopter* yaitu *pitch*, *roll*, *throttle* dan *yaw*. Adapun gambar 2.8 (sumber: <https://shopee.co.id/DJI-PHANTOM-3-STANDARD-REMOTE-CONTROL-i.22043771.8540916408>) menunjukkan gambar *remote control*.



Gambar 2.8 *Remote Control*

(sumber: <https://shopee.co.id/DJI-PHANTOM-3-STANDARD-REMOTE-CONTROL-i.22043771.8540916408>)

2.4.8 Action Camera

Action camera merupakan alat untuk perekam gambar dan video, perbedaan dengan kamera biasa yaitu terlihat dari bentuknya yang sangat kecil dan ringan

juga dirancang memiliki ketahanan terhadap benturan serta dilengkapi dengan koneksi wifi sehingga dapat terhubung dengan *smartphone* atau perangkat lain pada jarak yang jauh. Adapun gambar 2.9 (sumber: <https://www.tokopedia.com/ladyfameid/free-ongkir-xiaomi-yi-action-international-edition-hitam>) menunjukkan gambar *action camera*.



Gambar 2.9 *Action Camera*

(sumber: <https://www.tokopedia.com/ladyfameid/free-ongkir-xiaomi-yi-action-international-edition-hitam>)

Action camera sangat cocok digunakan atau dipasangkan pada *drone* karena bobotnya yang ringan dan bentuk yang kecil sehingga tidak membutuhkan tenaga yang besar untuk mengangkat kamera tersebut.

2.5 Perhitungan *Quadcopter*

Adapun perhitungan dalam merancang *quadcopter* sebagai berikut:

1. Perhitungan pemilihan motor

Perhitungan pemilihan motor yang diperlukan untuk memberikan gerakan pada *quadcopter* disebut sebagai gaya angkat (*thrust*). Gaya ini dihasilkan dengan bantuan motor yang berputar pada kecepatan sudut tertentu. Secara umum, *thrust* yang dihasilkan oleh motor tertentu adalah (Javir, A. V dkk, 2015):

$$\text{Thrust pada masing-masing motor} = \frac{\text{total berat drone} \times 2}{4} \dots\dots\dots (2.1)$$

2. Perhitungan ESC (*Electronic Speed Controller*)

Perhitungan ESC sangat diperlukan untuk memilih ESC sesuai kebutuhan karena jika ESC tidak lebih dari kekuatan motor tersebut maka ESC bisa panas dan terbakar. Rumus sederhana menentukan ESC yaitu:

$$ESC = (1,2 \text{ to } 1,5) \times \text{ arus maksimal pada motor} \dots\dots\dots (2.2)$$

3. Perhitungan baterai

- Perhitungan daya

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

P = daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

- Lama terbang

Untuk menghitung lama terbang dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Lama terbang} = \frac{\text{kapasitas baterai dalam Ah}}{\text{nilai arus yang didapat dari eksperimen}} \dots\dots\dots (2.5)$$

4. Perhitungan berat

Untuk menghitung berat yang dapat diangkat oleh *quadcopter* maka digunakan persamaan:

$$w = m \times g \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

w = gaya berat (N)

m = massa (kg)

g = gravitasi bumi (m/s²)