

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau Pesawat Tanpa Awak adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, menggunakan hukum aerodinamika untuk mengangkat dirinya, bisa digunakan kembali dan mampu membawa muatan baik senjata maupun muatan lainnya. Penggunaan terbesar dari pesawat tanpa awak ini adalah dibidang militer. Rudal walaupun mempunyai kesamaan tapi tetap dianggap berbeda dengan pesawat tanpa awak karena rudal tidak bisa digunakan kembali dan rudal adalah senjata itu sendiri (Rohman, 2012).

Ada berbagai bentuk UAV, ukuran, konfigurasi dan karakteristik. Secara historis UAV *drone* pada awalnya dibuat dengan sangat sederhana dan akhirnya dikontrol secara otonom (*autonomous*) semakin banyak produksi dan digunakan. Saat ini, UAV telah digunakan untuk melakukan misi intelijen, pemantauan (*surveillance*), pengintaian (*reconnaissance*) serta misi serangan (*attack*). Banyak dilaporkan bahwa UAV telah berhasil dengan tingkat akurasi tinggi dalam melakukan misi intelijen, pemantauan, pengintaian dan serangan dengan menggunakan roket, rudal dan bom. UAV sering lebih disukai untuk misi yang terlalu “membosankan dan berbahaya/beresiko tinggi” bagi pesawat berawak. (Pramadi, 2010)

Sistem kendali pada UAV dibagi menjadi dua yaitu kendali secara manual oleh pilot dan kendali secara otomatis menggunakan sistem auto pilot. Pada system auto pilot kendali pesawat sepenuhnya dilakukan oleh *microprocessor* atau *microcontroller*. Sensor yang digunakan seperti sensor ketinggian, kecepatan, posisi, yang memberikan data untuk selanjutnya diolah oleh bagian pengolah. Sehingga pesawat dapat bekerja mandiri sesuai dengan perintah yang diberikan. Kemudian, pilot otomatis (*autopilot*) adalah sistem mekanikal, elektrikal, atau hidrolis yang memandu sebuah kendaraan tanpa campur tangan dari manusia. Umumnya pilot otomatis dihubungkan dengan pesawat, tetapi pilot otomatis juga digunakan di kapal

dengan istilah yang sama. Dalam masa-masa awal transportasi udara, pesawat udara membutuhkan perhatian terus menerus dari seorang pilot agar dapat terbang dengan aman. Hal ini membutuhkan perhatian yang sangat tinggi dari awak pesawat dan mengakibatkan kelelahan. Sistem pilot otomatis diciptakan untuk menjalankan beberapa tugas dari pilot. (Anonim, 2013)

Ada banyak tipe dari UAV, diantara adalah *fixed wing* dan multi rotor. Dalam penelitian ini tipe pesawat yang digunakan adalah jenis *fixed wing*.

2.1.1 Fixed Wing

UAV tipe *fixed wing* atau sayap tetap mempunyai sayap yang kokoh dan memiliki *airfoil* yang ditentukan sehingga mampu mengangkat pesawat maju dengan dorongan dari kecepatan pesawat UAV. Daya dorong ini dihasilkan oleh mesin pembakaran internal atau motor listrik.

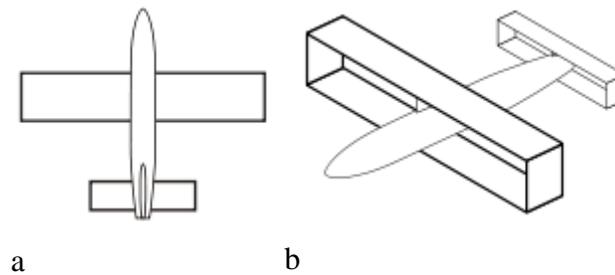
Kontrol dari UAV berasal dari papan kontrol yang tertanam dalam pesawat yang biasanya terdiri dari *aircons* sebagai pengangkat pesawat dan kemudi pesawat. Bagian itu menjadikan UAV dapat terbang bebas dan berputar di tiga sumbu yang tegak lurus sama lain dan berpotongan dipusat gravitasi UAV itu sendiri.

Kelebihan utama dari *fixed wing* adalah terbuat dari struktur yang lebih sederhana dari *rotary wing*, sehingga perawatan dan perbaikannya tidak begitu sulit serta biaya yang dikeluarkan tidak terlalu besar. Struktur yang sederhana ini memastikan pesawat lebih aerodinamis sehingga pesawat dapat terbang lebih lama dengan kecepatan tinggi dan memetakan *area survey* yang luas dalam sekali penerbangan. (Anonim, 2016)

Selain dari pada kedudukan sayap terhadap badan pesawat, maka pesawat terbang dapat juga ditinjau dari bentuk sayap, bentuk sayap sangat erat hubungannya dengan sifat-sifat aerodinamis dari pesawat terbang yang bersangkutan, termasuk kemampuan (*performance*) pesawat terbang tersebut.

Bentuk sayap yang paling banyak kita kenal adalah:

Sayap lurus (*Straight wing/rectangular wing*) banyak digunakan pada pesawat pada awal industri penerbangan.

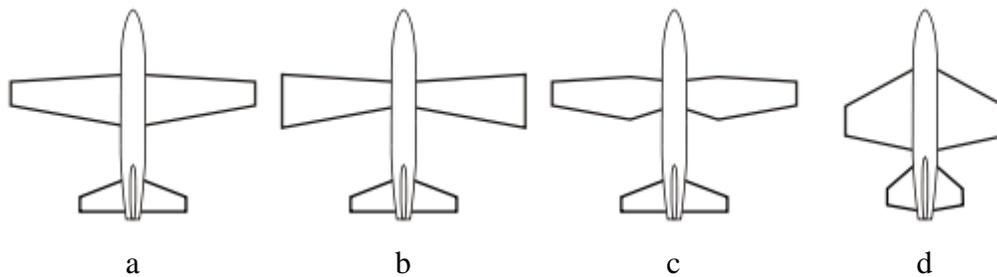


Gambar 2.1(a) *Constant chord*

(b) *Box wing*

(<https://aeroengineering.co.id/2014/01/pesawat-remot-kontrol-aeromodelling,>
2014)

Sayap tirus (*Tapered wing*) merupakan sayap yang tirus, didesain demikian untuk mengoptimalkan fungsi sayap pesawat. Variasinya dapat berupa *Tapered*, *Reverse tapered*, *Compound tapered* ataupun *Trapezoidal*.



Gambar 2.2 (a) *Tapered*

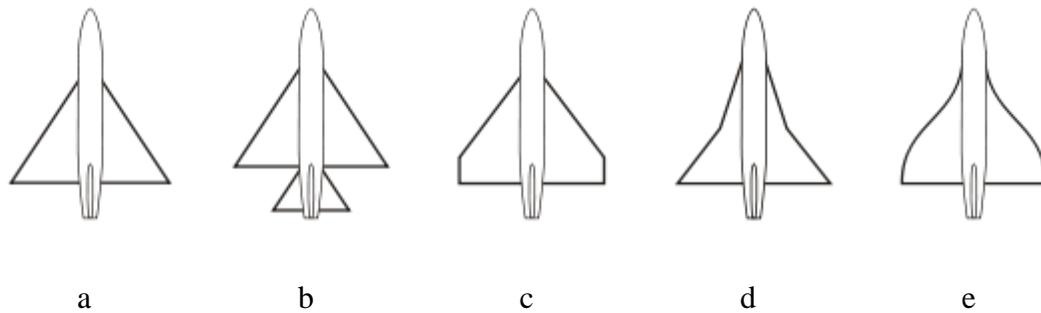
(b) *Reverse tapered*

(c) *Compound tapered*

(d) *Trapezoidal*

(<https://aeroengineering.co.id/2014/01/pesawat-remot-kontrol-aeromodelling,>
2014)

Sayap segi tiga (*delta wing*) menggunakan sayap berbentuk segitiga melebar kebelakang. Beberapa variasi diantaranya:



Gambar 2.3 (a) *Tailless delta*
 (b) *Tailed delta*
 (c) *Cropped delta*
 (d) *Compound delta*
 (e) *Ogival delta*

(<https://aeroengineering.co.id/2014/01/pesawat-remot-kontrol-aeromodelling>, 2014)

- a) *Tailless delta* - desain klasik yang banyak digunakan pada pesawat seperti Dassault Mirage III.
- b) *Tailed delta* - merupakan pesawat sayap *delta* yang dilengkapi sayap belakang. Banyak digunakan pada pesawat Rusia seperti Mikoyan-Gurevich MiG-21.
- c) *Cropped delta* - ujung sayap *delta* dipotong yang berfungsi untuk mengurangi drag pada ujung sayap.
- d) *Compound delta* atau *double delta* - merupakan gabungan dari dua *delta* digunakan pada Saab 35 *Draken*. Dengan bentuk sayap seperti ini akan meningkatkan *lift*.
- e) *Ogival delta* - bersayap yang *delta* dengan peralihan seperti gelas anggur. Digunakan pada pesawat supersonik *Concorde*.

Keuntungan dari konfigurasi Sayap tetap tersebut adalah pertama, struktur yang lebih *simple* dibandingkan pada konfigurasi multi rotor. Struktur yang tidak rumit ini tentu saja memudahkan perawatan baik dari segi biaya dan waktu. Kedua,

bentuk ini memiliki efisiensi aerodinamik yang efisien sehingga memungkinkan waktu terbang yang jauh lebih lama dibandingkan dengan multi rotor. Efisiensi aerodinamis ini juga (biasanya) membuat sebuah UAV Sayap tetap hanya membutuhkan satu atau dua buah motor sebagai daya dukung nya, dan walaupun hanya memiliki jumlah motor satu atau dua, tetapi sebuah UAV *Sayap tetap* dapat membawa beban yang lebih berat sehingga memungkinkan operator untuk membawa peralatan maupun sensor tambahan.

Hingga saat ini, satu-satunya kekurangan dari UAV berjenis Sayap tetap ini adalah kebutuhan untuk *take off* dan *landing* pada permukaan yang cukup luas. Selain itu, karena daya angkat yang didapat berasal dari udara yang bergerak pada permukaan-permukaan sayapnya, maka UAV Sayap tetap tidak dapat berada pada posisi konstan atau yang sering disebut dengan *hovering*. UAV tersebut harus selalu pada posisi maju kedepan untuk tetap mengudara, sehingga kurang cocok untuk aplikasi seperti inspeksi, maupun *survey* yang membutuhkan ketelitian.

2.2 Remote Control

Remote control atau sistem kendali jarak jauh sering digunakan untuk mengendalikan pesawat terbang, roket, perahu maupun mobil-mobilan. Sebenarnya merupakan contoh yang sederhana dari sistem pengendalian *fly by wire*. Sistem yang menggunakan gelombang radio sebagai sistem penyampaian informasi.

Secara umum sistem R/C terdiri dari sebuah pemancar atau *transmitter*, sebuah atau lebih penerima atau *receiver* dan beberapa buah servo sebagai penggerak. Baterai sebagai sumber daya diperlukan oleh bagian pemancar maupun bagian penerima. Pemancar atau *transmitter* bertugas menerima perintah kendali dari orang yang mengendalikan dan merubahnya menjadi kode-kode elektronik dan mengirimkannya melalui gelombang radio ke udara. Bagian penerima atau *receiver* bertugas menerima informasi gelombang radio, menerjemahkan kode-kode elektroniknya menjadi perintah gerak yang dikirimkan ke servo. Selanjutnya Servo bertugas melaksanakan perintah gerak elektronik menjadi gerakan mekanik ke posisi tertentu yang diinginkan. (Budi Atmoko, 2014)



Gambar 2.4 *Remote control*

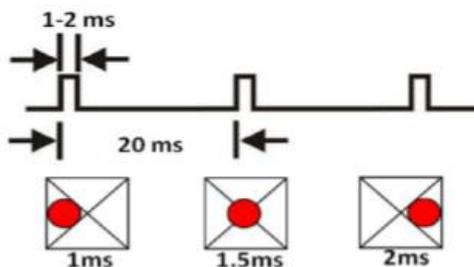
(Arif, Muhammd; 2014 <https://aeroengineering.co.id/2014/01/pesawat-remot-kontrol-aeromodelling>)

2.2.1 *Joy Stick*

Joystick adalah alat masukan komputer yang berwujud tuas yang dapat bergerak ke segala arah. Alat ini dapat mentransmisikan arah sebesar dua atau tiga dimensi ke komputer. Alat ini umumnya digunakan sebagai pelengkap untuk memainkan permainan video yang dilengkapi lebih dari satu tombol. (Muhammad Irfan)

2.2.2 *Receiver*

Receiver merupakan perangkat yang digunakan untuk menerima sinyal dari radio transmitter yang dikendalikan oleh pilot. Secara umum bentuk sinyal dari radio receiver ditunjukkan pada Gambar



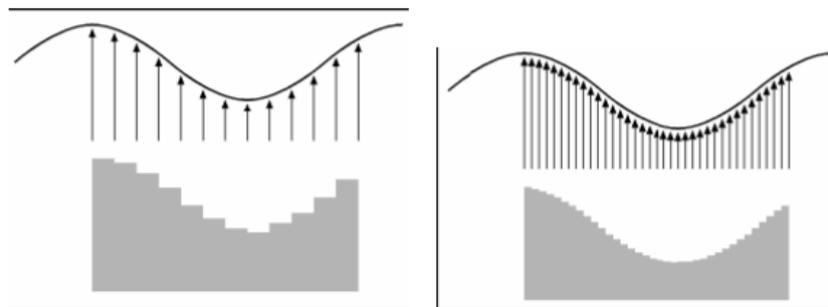
Gambar 2.5 Bentuk sinyal radio receiver dan posisi stick

Radio transmitter mengirimkan sinyal-sinyal sesuai dengan posisi-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 ESC karena sinyal merupakan sinyal standar dalam dunia RC. Pada penelitian ini keluaran receiver dihubungkan dengan perangkat modul mikrokontroler agar dapat digunakan untuk mengatur gerakan-gerakan Pesawat Tanpa Awak pada saat terbang secara manual. (Yulistiyanto, Andry:62:2013)

2.2.3 Analog To Digital Converter (ADC)

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode-kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer). ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample per second (SPS).



Gambar 2.6 ADC dengan kecepatan sampling rendah dan kecepatan sampling tinggi.

(<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Teknik%20Antarmuka%20-%20ADC.pdf>, 2010)

Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 (2^n-1) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit. Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi.

2.2.4 Encoder

Encoder adalah rangkaian untuk mengkodekan data input mejadi data bilangan dengan format tertentu. *Encoder* dalam rangkaian digital adalah rangkaian kombinasi gerbang digital yang memiliki input banyak dalam bentuk line input dan memiliki output sedikit dalam format bilangan biner. *Encoder* akan mengkodekan setiap jalur input yang aktif menjadi kode bilangan biner. Dalam teori digital banyak ditemukan istilah encoder seperti “*Desimal to BCD Encoder*” yang berarti rangkaian digital yang berfungsi untuk mengkodekan line input dengan jumlah line input desimal (0-9) menjadi kode bilangan biner 4 bit BCD (*Binary Coded Decimal*). Atau “8 line to 3 line encoder” yang berarti rangkaian encoder dengan input 8 line dan output 3 line (3 bit BCD).

Dalam sistem *remote control*, rangkaian *encoder* berfungsi untuk mengubah sinyal data ke dalam bentuk yang dapat diterima untuk transmisi data atau penyimpanan data yang kemudian transmisi data tersebut akan diterima oleh penerima (*receiver*).

2.2.5 Modulasi

Modulasi adalah proses yang dilakukan pada sisi pemancar untuk memperoleh transmisi yang efisien dan handal. Pemodulasi yang merepresentasikan pesan yang akan dikirim, dan *carrier* (gelombang pembawa) yang sesuai dengan

aplikasi yang diterapkan. Modulasi adalah variasi secara sistematis dari parameter gelombang *carrier* secara proporsional terhadap sinyal pemodulasi (sinyal informasi).

2.2.5.1 PAM (*Pulse Amplitude Modulation*)

Pada PAM, amplitudo pulsa-pulsa pembawa dimodulasi oleh sinyal pemodulasi. Amplitudo pulsa-pulsa pembawa menjadi sebanding dengan amplitudo sinyal pemodulasi. Semakin besar amplitudo sinyal pemodulasi maka semakin besar pula amplitudo pulsa pembawa.

Pembentukan sinyal termodulasi PAM dapat dilakukan dengan melakukan pencuplikan (*sampling*), yaitu mengalikan sinyal pencuplik dengan sinyal informasi. Proses ini akan menghasilkan pulsa pada saat pencuplikan yang besarnya sesuai dengan sinyal informasi (pemodulasi).

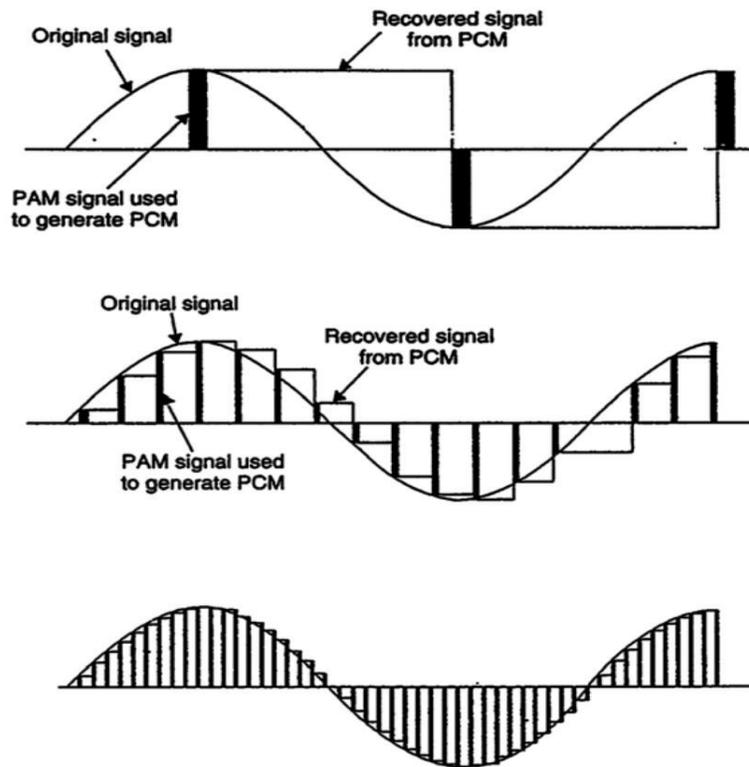
2.2.5.2 PCM (*Pulse Code Modulation*)

Pada modulasi PCM, sinyal informasi dicuplik dan juga dikuantisasi. Proses ini akan membuat sinyal menjadi lebih kebal terhadap derau. Setelah proses ini maka dilakukan proses penyandian (*coding*) menggunakan kode biner, sehingga terbentuk sinyal PCM. Sinyal ini dapat direpresentasikan dengan pulsa-pulsa yang menyatakan kode-kode biner untuk setiap hasil cuplikan.

a. Kuantisasi Sinyal

Kuantisasi merupakan proses pengelompokan pada selang-selang (interval) tertentu. Besarnya selang kuantisasi ini disebut juga dengan istilah *step size*. Berdasarkan besarnya *step size* dapat dibedakan dua jenis kuantisasi, yaitu:

1. Kuantisasi seragam
2. Kuantisasi tak seragam



Gambar 2.7 Sinyal yang dicuplik dengan beberapa macam frekuensi pencuplik. (Indah, 2009)

Banyaknya selang (interval) bergantung pada banyaknya bit yang akan digunakan untuk proses penyandian. Jika konverter A/D n bit maka jangkauan sinyal analog akan dikuantisasikan (dikelompokkan) menjadi sejumlah 2^n selang (interval). Pada gambar 2.7 diperlihatkan ilustrasi kuantisasi sinyal analog menjadi 16 selang ($n = 4$).

Banyaknya jumlah bit yang akan digunakan untuk proses penyandian akan menentukan banyaknya jumlah selang (interval) kuantisasi. Semakin besar n maka semakin besar pula jumlah selang (interval) yang digunakan. Hal ini juga berarti besar selang (interval) semakin kecil. Semakin kecil selang interval, maka proses pemodulasian akan semakin teliti, sehingga sinyal yang diperoleh semakin mendekati sinyal aslinya. Pada gambar 2.7 memperlihatkan proses pembentukan sinyal PCM dengan penyandian 4 bit.

b. Distorsi Kuantisasi

Derau kuantisasi didefinisikan sebagai selisih antara hasil kuantisasi sinyal dengan sinyal aslinya. Dilihat dari proses kuantisasi itu sendiri, maka dapat dipastikan bahwa derau kuantisasi maksimum adalah sebesar $S/2$, dengan S adalah besarnya selang (interval) kuantisasi, atau dinyatakan sebagai Derau kuantisasi $\leq S/2$

c. Pengembangan PCM

Modulasi PCM dikembangkan menjadi beberapa jenis lagi, yaitu:

1. DPCM (*Differential PCM*)
2. DM (*Delta Modulation*)
3. *Adaptive Delta modulation*

Pada PCM, sandi-sandi yang dikirimkan merupakan hasil penyandian (*coding*) dari hasil pencuplikan. Salah satu pengembangan PCM adalah DPCM yaitu *Differential Pulse Code Modulation*. Pada DPCM, sandi-sandi yang dikirimkan (ditransmisikan) adalah nilai selisih (beda) hasil pencuplikan sekarang dengan hasil pencuplikan sebelumnya. Keuntungan yang diperoleh adalah bahwa jumlah bit yang diperlukan untuk proses penyandian menjadi lebih sedikit.

Pengembangan lebih lanjut adalah DM atau *Delta Modulation*. Jenis modulasi ini mirip dengan DPCM, namun selisih hasil pencuplikan sekarang dengan yang sebelumnya hanya disandikan dengan 1 bit saja.

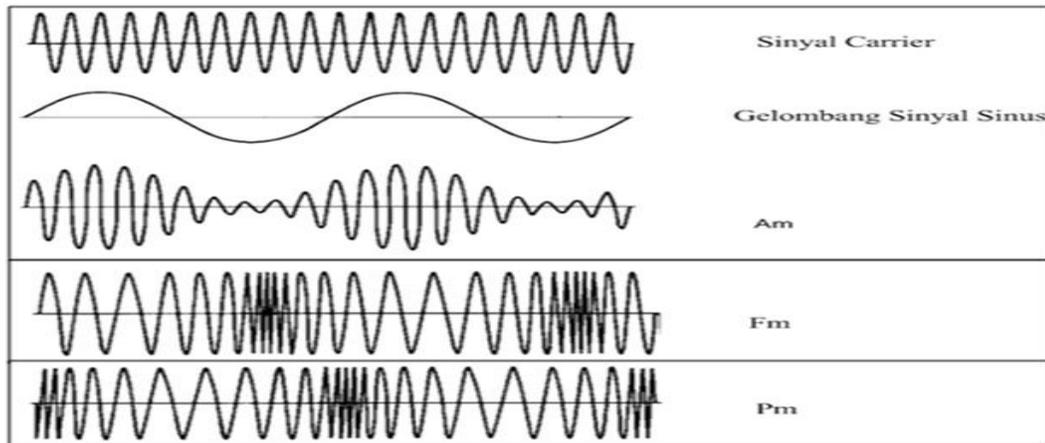
Jenis pengembangan lain adalah yang disebut *Adaptive Delta Modulation*. Pengembangan ini menggunakan kuantisasi tidak seragam, sehingga sistem akan menyesuaikan besarnya *step size* menjadi sebanding dengan besarnya sinyal informasi

2.2.5.3 PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pada modulasi PWM, lebar pulsa pembawa diubah-ubah sesuai dengan besarnya tegangan sinyal pemodulasi. Semakin besar tegangan sinyal pemodulasi (informasi) maka semakin lebar pula pulsa yang dihasilkan. Modulasi PWM juga dikenal sebagai *Pulse Duration Modulation* (PDM).

2.2.5.4 PPM (*Pulse Position Modulation*)

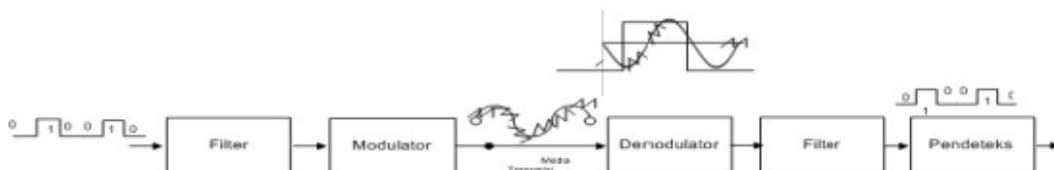
Pulse Position Modulation merupakan bentuk modulasi pulsa yang mengubah-ubah posisi pulsa (dari posisi tak termodulasinya) sesuai dengan besarnya tegangan sinyal pemodulasi. Semakin besar tegangan sinyal pemodulasi (informasi) maka posisi pulsa PPM menjadi semakin jauh dari posisi pulsa tak-termodulasinya.



Gambar 2.8 Sinyal Modulasi Analog (Indah, 2009)

2.2.6 Demodulasi

Proses mengkodekan kembali sinyal digital menjadi sinyal analog kembali yang sama dari sumber. Peralatan untuk melaksanakan proses modulasi disebut modulator, sedangkan peralatan untuk memperoleh informasi informasi awal (kebalikan dari dari proses modulasi) disebut demodulator dan peralatan yang melaksanakan kedua proses tersebut disebut modem.



Gambar 2.9 Diagram Modulator-Demodulator

2.2.7 Decoder

Decoder adalah alat yang di gunakan untuk dapat mengembalikan proses *encoding* sehingga kita dapat melihat atau menerima informasi aslinya. Pengertian *decoder* juga dapat di artikan sebagai rangkaian logika yang di tugaskan untuk menerima *input-input* biner dan mengaktifkan salah satu *outputnya* sesuai dengan urutan biner tersebut. Kebalikan dari *decoder* adalah *encoder*. Fungsi *decoder* adalah untuk memudahkan kita dalam menyalakan *seven segmen*. Itu lah sebabnya kita menggunakan *decoder* agar dapat dengan cepat menyalakan *seven segmen*. *Output* dari *decoder* maksimum adalah $2n$. Jadi dapat kita bentuk n -to- $2n$ *decoder*. Jika kita ingin merangkaian *decoder* dapat kita buat dengan 3-to-8 *decoder* menggunakan 2-to-4 *decoder*. Sehingga kita dapat membuat 4-to-16 *decoder* dengan menggunakan dua buah 3-to-8 *decoder*.

Rangkaian *decoder* berfungsi untuk mengembalikan proses *encoding* atau menerima informasi dan data dari transmisi yang telah dikirimkan oleh *transmitter* pada *remote control*. Yang kemudian setiap data yang telah di *encoding* akan menuju *channel* masing-masing untuk menjalankan perintah sesuai gerakan *joystick*.

2.3 Baterai Lithium Polimer

Baterai Lithium Polimer atau biasa disebut dngan LiPo merupakan salah satu jenis baterai yang sering digunakan dalam dunia robot. Baterai Lipo dibuat dari beberapa kombinasi bahan: Lithium-Cobalt, Lithium-Phospat dan Lithium-Mangan. Kebanyakan baterai yang dijual kepada konsumen terbuat dari kombinasi Lithium-Cobalt. Contoh Baterai Lithium Polimer ditunjukkan dengan gambar 2.14



Gambar 2.10 Baterai LiPo 3 Sell

(<http://www.lpdpower.com/2014-10-10/102.html>, 2014)

Ada tiga kelebihan utama yang ditawarkan oleh baterai berjenis LiPo ketimbang baterai jenis lain seperti NiCad atau NiMH yaitu:

- a. Baterai Lithium Polimer memiliki bobot yang ringan dan tersedia dalam berbagai macam bentuk dan ukuran.
- b. Baterai Lithium Polimer memiliki kapasitas penyimpanan energi listrik yang besar.
- c. Baterai Lithium Polimer memiliki tingkat discharge rate energi yang tinggi, dimana hal ini sangat berguna sekali dalam bidang RC.

Selain keuntungan yang dimiliki, baterai jenis ini juga memiliki beberapa kelemahan yaitu harga baterai Lithium Polimer masih tergolong mahal jika dibandingkan dengan baterai jenis NiCad dan NiMH. Performa yang tinggi dari baterai Lithium Polimer harus dibayar dengan umur yang lebih pendek. Usia baterai Lithium Polimer sekitar 300-400 kali siklus pengisian ulang. Sesuai dengan perlakuan yang diberikan pada baterai. (Susanto,Tri:28:2012)

2.4 ESC (*Electric Speed Control*)

ESC adalah rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan putaran motor pada pesawat atau helikopter dengan cara menterjemahkan sinyal yang diterima *receiver* dari *transmitter*.



Gambar 2.11 *Electric Speed Control*

(https://wiki.mattrude.com/Electronic_speed_control, 2013)

Untuk menentukan ESC yang akan digunakan sangatlah penting untuk mengetahui kekuatan (peak current) dari motor. Sebaiknya ESC yang digunakan memiliki Peak Current yang lebih besar daripada motor. Contoh, kekuatan motor adalah 12A (ampere) pada saat throttle terbuka penuh. ESC yang akan digunakan adalah ESC yang berkekuatan 18A atau 20A. Jika di paksakan menggunakan ESC 10A kemungkinan pada saat throttle dibuka penuh, ESC akan panas bahkan terbakar. (Yulistiyanto, 2013)

2.5 *Brushed DC Motor*

Motor DC dengan sikat karbon (*brushed DC motor*) merupakan rancangan awal sebuah motor listrik. Hingga saat ini, *brushed DC motor* adalah pilihan utama untuk motor yang memiliki torsi dan kecepatan yang mudah dikendalikan. Keuntungan menggunakan *brushed DC motor* adalah:

- Kecepatan putar mudah dikendalikan.
Semakin besar tegangan yang diberikan, maka akan semakin cepat putarannya. Semakin kecil tegangan yang diberikan, maka akan semakin lambat putarannya. Dengan kata lain, kecepatan putar berbanding lurus dengan besarnya tegangan.

- Torsi mudah dikendalikan.

Semakin besar arus listrik yang disediakan, maka akan semakin kuat torsinya. Semakin kecil arus listrik yang disediakan, maka akan semakin lemah torsinya. Dengan kata lain, torsi berbanding lurus dengan besarnya arus listrik.



Gambar 2.12 *Brushed* DC motor

(<http://www.radiocontroltips.com/brushed-motor-v-brushless-motors/>, 2016)

2.6 *Propeller* (Baling-baling)

Propeller adalah baling baling untuk menjalankan pesawat terbang. Baling-baling ini memindahkan tenaga dengan mengkonversi gerakan rotasi menjadi daya dorong untuk menggerakkan sebuah kendaraan seperti pesawat terbang, untuk melalui suatu massa seperti udara, dengan memutar dua atau lebih bilah kembar dari sebuah poros utama. Sebuah *propeller* berperan sebagai sayap berputar, dan memproduksi gaya yang mengaplikasikan Prinsip Bernoulli dan Hukum gerak Newton, menghasilkan sebuah perbedaan tekanan antara permukaan depan dan belakang.



Gambar 2.13 *Propeller/Baling-baling*

(whirlwindpropellers.com/windtunnel/ground-adjustable-aircraft-propellers, 2015)

2.7 Servo

Servo atau motor servo adalah komponen yang merubah energi listrik menjadi energi gerak, namun gerakanya tidak sama dengan motor *brushless*, yaitu dapat dikontrol untuk berputar pada sudut tertentu berdasarkan keinginan kita. Servo digunakan untuk mengontrol *control surface* (penggerak) maupun sistem gerak lainnya pada pesawat.



Gambar 2.14 Motor servo

(Arif, Muhammd; 2014 <https://aeroengineering.co.id/2014/01/pesawat-remot-kontrol-aeromodelling>)