

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bagian-Bagian Pesawat

Fuselage

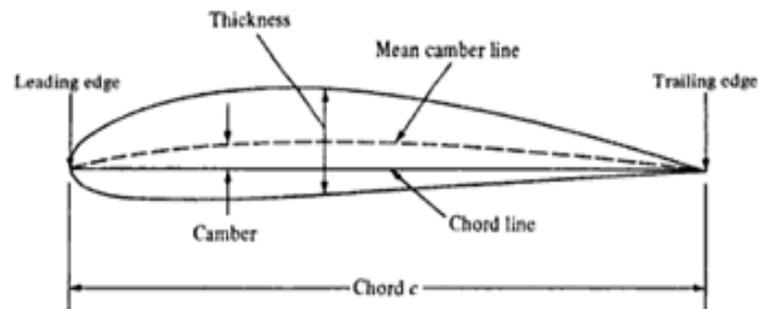
Fuselage atau bisa disebut sebagai badan pesawat mempunyai beberapa fungsi. Diantara fungsinya sebagai titik tambahan umum untuk komponen utama lainnya, *fuselage* juga memiliki tempat bernama kokpit dimana awak pesawat mengoperasikan pesawat juga area kabin untuk penumpang atau kargo.



Gambar 2.1 *Fuselage* Pesawat Cessna 180 Skywagon
Sumber: Lit. 16

Wing

Wing adalah salah satu bagian dari pesawat yang merupakan suatu bidang yang dirancang untuk menghasilkan gaya angkat saat bergerak dengan cepat di udara. Sayap ditentukan oleh bentuk *airfoil*, maka pemilihan *airfoil* menjadi sangat penting dalam mendesain pesawat terbang. *Airfoil* adalah bentuk dari *wing* pesawat dilihat dari samping *wing*. Pada bagian *wing* ini terdapat *wing span* yang merupakan panjang dari *wing* tersebut dan ada juga *wing chord* yang merupakan panjang garis yang ditarik dari *leading edge* ke *trailing edge* dengan kata lain *wing chord* ini dapat diartikan sebagai lebar *wing*. Untuk *leading edge* yaitu ujung depan dari *airfoil* atau sayap yang secara umum berbentuk cembung sedangkan *trailing edge* adalah ujung belakang dari *airfoil* atau sayap yang secara umum berbentuk runcing.



Gambar 2.2 Bentuk *Airfoil*

Sumber: Lit. 15

Pemasangan bagian *wing* tergantung pada karakteristik penerbangan yang diinginkan sehingga *wing* dibuat di dalam beberapa bentuk dan ukuran.



Gambar 2.3 *Wing* Pesawat Cessna 180 Skywagon

Sumber: Lit. 16

Secara umum bentuk dari desain *wing* dapat dibedakan berdasarkan letak, konstruksi, *aspect ratio*, jumlah, variasi *chord* serta kecondongan dari *wing*.

Jenis-jenis *wing* berdasarkan konstruksinya yaitu dibedakan menjadi:

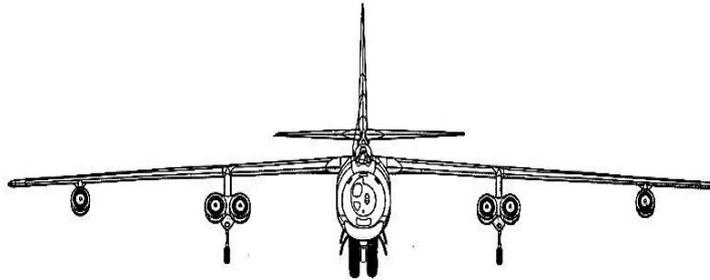
1. *Dihedral*, dimana kedudukan *wing* dengan posisi ujung *wing* lebih tinggi dari pangkal *wing*. Dengan pembuatan *wing* seperti ini adalah bertujuan untuk mendapatkan kecepatan yang tinggi serta mendapatkan stabilitas lateral yang baik.



Gambar 2.4 *Dihedral*

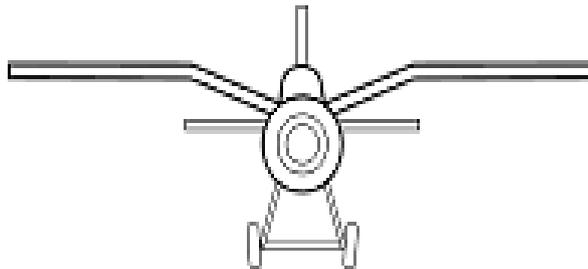
Sumber: Lit. 17, Hal. 27

2. *Anhedral* merupakan kedudukan *wing* pesawat dengan posisi pangkal *wing* lebih tinggi daripada posisi ujung *wing*.



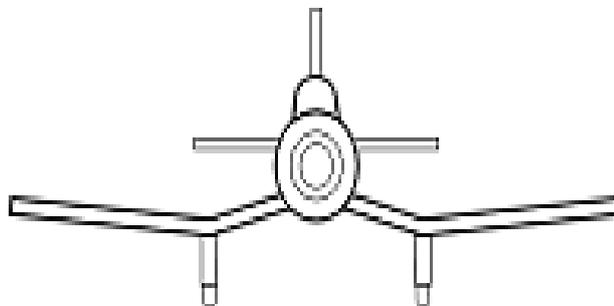
Gambar 2.5 *Anhedral*
Sumber: Lit. 17, Hal. 27

3. *Gull wing* yaitu *wing* pesawat dimana posisi *wing* menyerupai sayap burung camar laut. Pembuatan dari *wing* ini bertujuan untuk mendapatkan *lift* yang besar.



Gambar 2.6 *Gull Wing*
Sumber: Lit. 17, Hal. 27

4. *Interved gull wing* yaitu *wing* pesawat yang mempunyai bentuk menyerupai bentuk *gull wing*, namun posisi *wing* tersebut dibawah dan terbalik. Pembuatan *wing* ini untuk mendapatkan *speed* yang cukup.



Gambar 2.7 *Interved Gull Wing*
Sumber: Lit. 17, Hal. 27

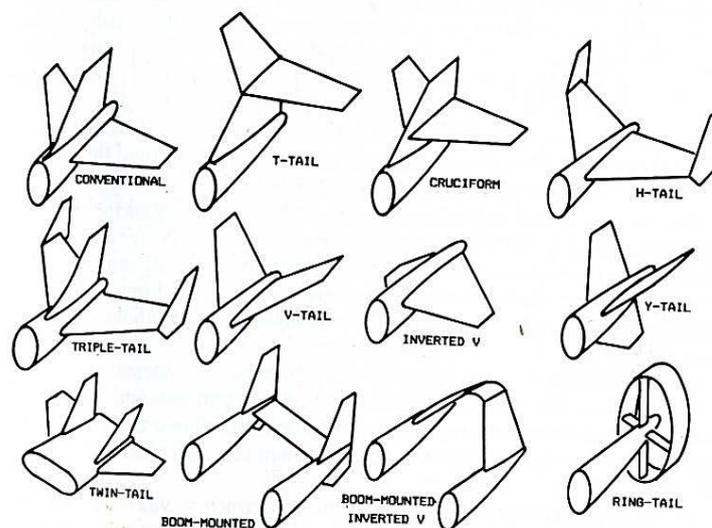
Empennage

Empennage merupakan bagian pesawat yang bisa juga disebut sebagai *tail section*, dimana sebagian besar bagian pesawat ini dirancang terdiri dari *tail cone*, *fixed surfaces*, dan *movable surfaces*. *Tail cone* merupakan bagian penutup dari ujung belakang *fuselage*, dimana struktur dari *tail cone* dibuat sama seperti *fuselage* namun dibuat dalam bentuk kerucut. Sedangkan *fixed surfaces* yaitu bagian yang terdapat *horizontal* dan *vertical stabilizer*. Adapun yang dimaksud dari *movable surfaces* yaitu *rudder* dan *elevator*.



Gambar 2.8 *Empennage* Pesawat Cessna 180 Skywagon
Sumber: Lit. 16

Adapun dilakukannya pemilihan geometri pada bagian *empennage* yang didasarkan pada kebutuhan misi, misalkan kondisi *take-off* dan *landing*, *maneuver*, konfigurasi *propeller*, hingga aspek estetika. Berikut ini merupakan gambar dari tipe-tipe *empennage* yang umum digunakan pada pesawat terbang.

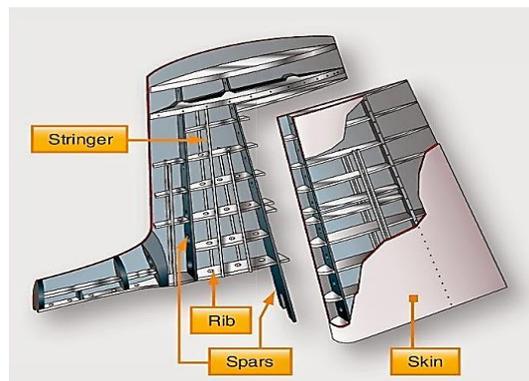


Gambar 2.9 Tipe *Empennage*
Sumber: Lit. 16

Stabilizer

Merupakan bidang-bidang untuk membuat sebuah pesawat udara menjadi stabil saat mengudara dimana *stabilizer* terdiri dari bidang *airfoil vertical* dan bidang *airfoil horizontal*, keduanya biasa disebut *vertical stabilizer* atau *fin* dan *horizontal stabilizer*. Di bidang *vertical stabilizer* dipasang bidang kontrol yang disebut *rudder*, dan di bidang *horizontal stabilizer* dipasang bidang kontrol yang disebut *elevator*.

Fungsi utama dari *stabilizer* adalah untuk menjaga pesawat udara agar selalu dalam kondisi terbang lurus dan mendarat atau *level flight*. *Vertical stabilizer* menjaga stabilitas pesawat udara dengan tumpuan sumbu *vertical* untuk mempertahankan *directional stability*. *Horizontal stabilizer* menjaga stabilitas pesawat udara dengan tumpuan sumbu *lateral* untuk mempertahankan *longitudinal stability*.

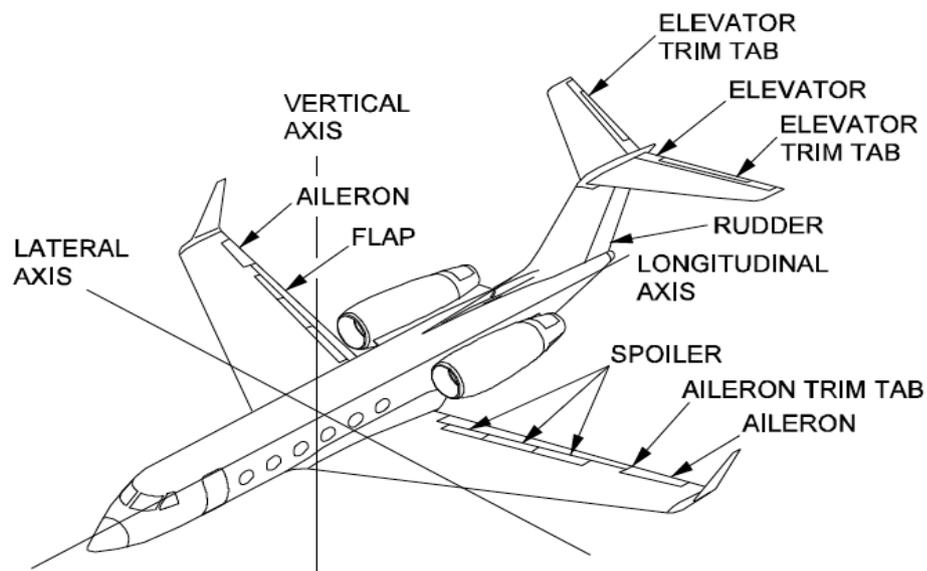


Gambar 2.10 *Vertical Stabilizer*
Sumber: Lit. 18, Hal. 1-24

2.2 Flight Control

Flight control (kendali penerbangan) pada pesawat terdiri dari permukaan kendali (*control surface*) penerbangan, masing-masing yaitu kendali kokpit, menghubungkan kokpit dengan permukaan kendali, dan mekanisme operasi yang diperlukan untuk mengendalikan arah pesawat udara dalam penerbangan. (Wiratama,2016) *Control surface* adalah bagian dari pesawat terbang yang berfungsi untuk mengontrol gerakan atau sikap (*attitude*) pesawat terbang tersebut. Prinsip kerja dari *control surface* adalah menghasilkan gaya aerodinamis pada arah tertentu sehingga menghasilkan sikap yang diinginkan.

Jenis-jenis bidang kendali (*control surface*) penerbangan dibagi menjadi dua yaitu bidang kendali penerbangan utama (primer) dan bidang kendali penerbangan kedua (sekunder). (Wiratama,2016) *Control surface* primer pada pesawat terbang adalah *aileron*, *elevator*, *rudder* serta berbagai kombinasi dari *control surface* tersebut, kemudian *control surface* sekunder antara lain adalah *flap*, *slat*, *spoiler*, *speed brakes* dan *tab*.

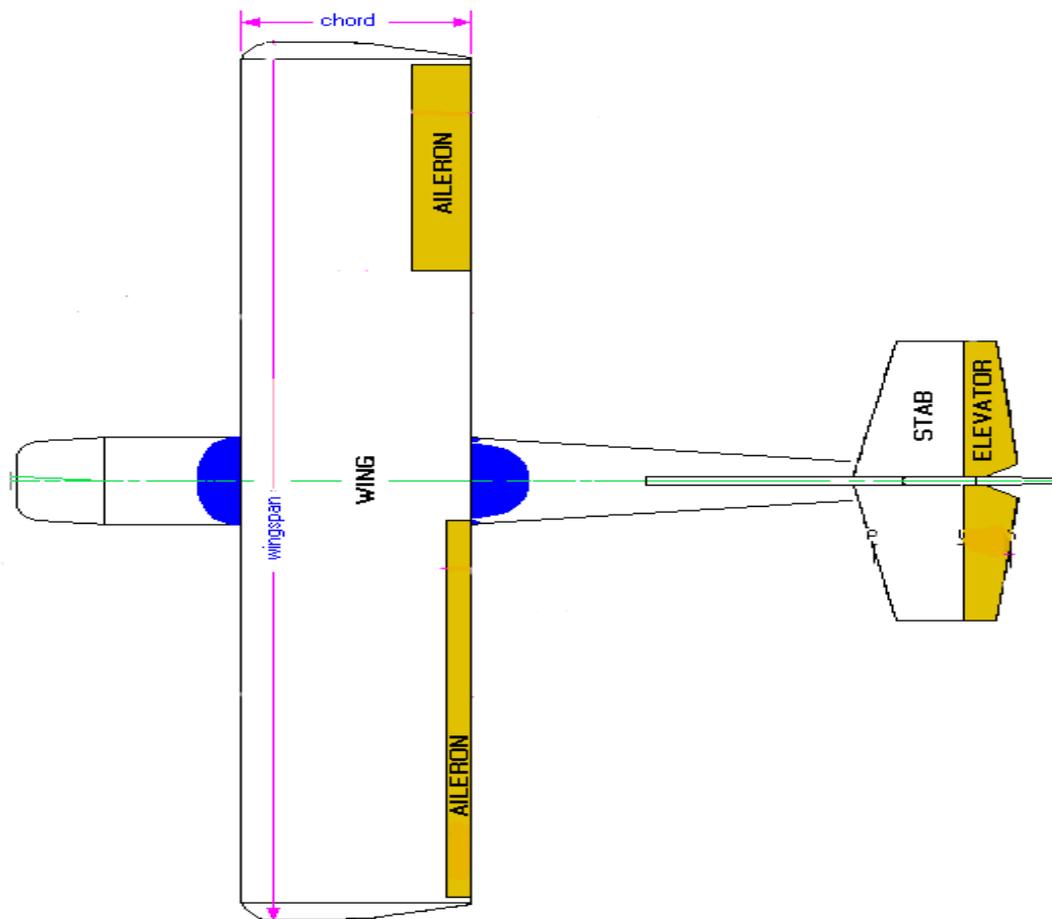


Gambar 2. 11 *Flight Control*

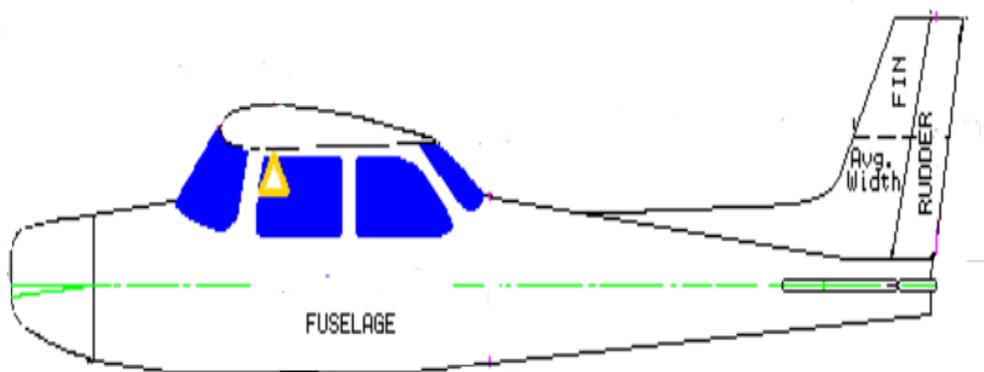
Sumber : Lit. 8

❖ *Primary Flight Control Surfaces*

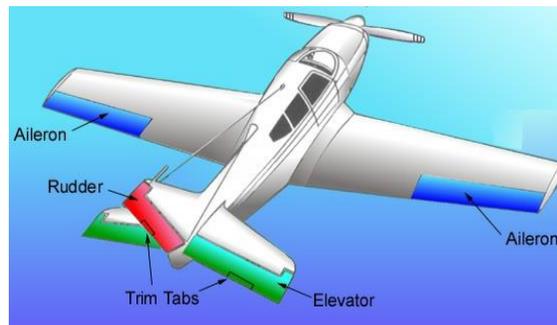
Primary flight control surfaces (Permukaan kendali utama penerbangan pesawat) adalah perangkat aerodinamik yang memungkinkan pilot untuk menyesuaikan dan mengontrol sikap penerbangan pada pesawat. Bagian ini memiliki peranan penting dalam proses kestabilan pada saat pesawat sedang bermanuver diudara. Sehingga sangat perlu diperhatikan keadaan dan fungsinya agar dapat bekerja tetap pada kondisi normal dan tidak ada gangguan apapun yang dapat menyebabkan permukaan kendali tidak dapat beroperasi dengan semestinya. Kendali pada kokpit akan berakhir di permukaan kendali sebagai bagian yang berhubungan langsung dengan pergerakan udara disekitarnya.



Gambar 2.12 *Flight Control Surface* Tampak Atas
Sumber: Lit. 13



Gambar 2.13 *Flight Control Surface* Tampak Samping
Sumber: Lit. 13

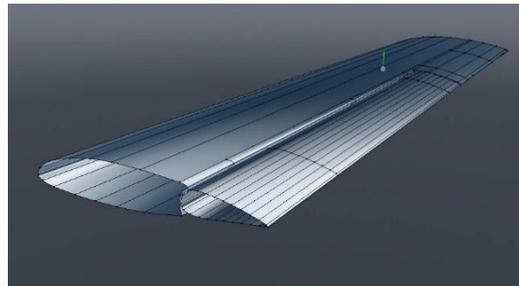


Gambar 2.14 *Flight Control Surfaces*

Sumber: Lit. 12

Berikut adalah bidang-bidang permukaan kendali utama penerbangan pesawat udara:

Aileron



Gambar 2.15 *Aileron*

Sumber: Lit. 7

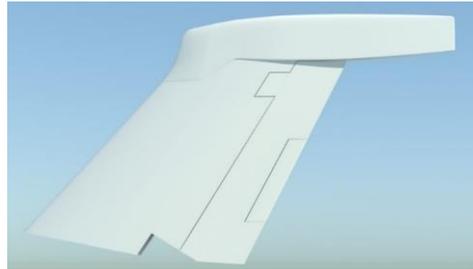
(Wiratama,2016) *Aileron* adalah *control surface* yang pada umumnya terletak di *trailing edge* (bagian belakang sayap) pada ujung sayap kanan dan kiri. Gerakan dari *aileron* adalah berkebalikan, yaitu ketika salah satu *aileron* kebawah, sisanya bergerak keatas, sehingga menghasilkan gaya yang berlawanan dan menghasilkan gerakan *roll* pada pesawat. Gerakan *rolling* (atau gerakan di sekitar sumbu *longitudinal* pesawat), yang biasanya menghasilkan perubahan jalur penerbangan karena memiringkan sumbu arah terbang. Gerakan di sekitar sumbu ini disebut '*rolling*' atau '*banking*'.

Aileron memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Terletak pada sayap.
2. Merupakan bidang kendali pada saat pesawat melakukan *roll*.
3. Bergerak pada sumbu longitudinal (sumbu yang memanjang dari hidung hingga ke ekor pesawat).
4. *Aileron* dikendalikan dari kokpit dengan menggunakan kendali stik.

5. Jenis kestabilan yang dilakukan aileron adalah menstabilkan pesawat dalam arah lateral.
6. Pergerakan *aileron* berkebalikan antara kiri dan kanan, berdefleksi naik atau turun.

Rudder



Gambar 2.16 *Rudder*

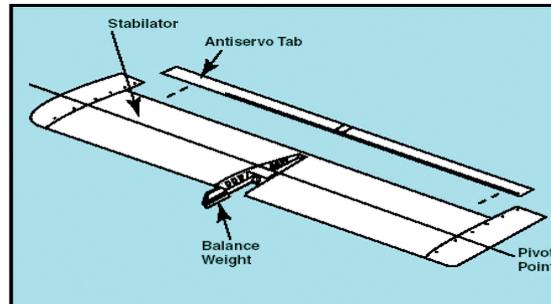
Sumber: Lit. 7

Pada pesawat terbang, *rudder* adalah permukaan kontrol arah yang terletak bersama dengan *elevator* seperti kemudi (biasanya melekat pada struktur ekor *horizontal*) dan *aileron* (melekat pada sayap) yang mengontrol *pitch* dan *roll*. *Rudder* biasanya melekat pada sirip (atau vertikal *stabilizer*), yang memungkinkan pilot untuk mengontrol *yaw* dalam sumbu vertikal, yaitu mengubah arah *horizontal* pada hidung pesawat. (Wiratama, 2016) Ketika *rudder* terdefleksi kekanan, ekor akan tertarik ke kiri, sehingga akan menghasilkan hidung pesawat bergerak ke kanan dan pesawat akan berbelok ke kanan. Begitu juga sebaliknya untuk defleksi ke kiri. *Rudder* adalah *control surface* untuk mengontrol gerakan *yaw*, tetapi memiliki efek samping gerakan *roll*. Kontrol *rudder* biasanya terhubung dengan sistem pembelok *landing gear*, sehingga biasa digunakan untuk kontrol saat di darat *Rudder* memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Terletak pada *vertical stabilizer*.
2. Merupakan bidang kendali pada saat pesawat melakukan *yaw*.
3. Bergerak pada sumbu vertikal (sumbu memanjang tegak lurus terhadap pusat gravitasi dari pesawat).
4. *Rudder* dikendalikan dari kokpit dengan menggunakan pedal *rudder*.
5. Jenis kestabilan yang dilakukan rudder adalah menstabilkan pesawat dalam arah direksional.

6. Pergerakan *rudder* berdefleksi ke kiri atau kanan.

Elevator



Gambar 2.17 *Elevator*

Sumber: Lit. 1

Elevator adalah permukaan kontrol penerbangan, biasanya terletak di bagian belakang pesawat udara, yang mengontrol pergerakan *pitch* pesawat. *Elevator* biasanya bergantung pada *tailplane* atau horizontal *stabilizer*.

(Wiratama,2016) Ketika *elevator* terdefleksi kebawah, bagian ekor akan terangkat, sehingga menghasilkan *nose-down* membuat pesawat cenderung bergerak kebawah. Sebaliknya, ketika *elevator* terdefleksi keatas, ekor akan bergerak kebawah, sehingga menghasilkan *nose-up* dan membuat pesawat bergerak keatas. *Elevator* merupakan pengontrol gerakan *pitch*.

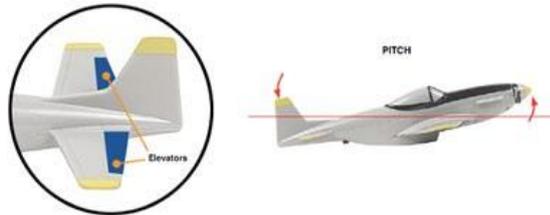
Elevator memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Terletak pada horizontal *stabilizer*.
2. Merupakan bidang kendali pada saat pesawat melakukan *pitch* (*pitch up or down*).
3. Bergerak pada sumbu lateral (sumbu yang memanjang sepanjang wing).
4. *Elevator* dikendalikan dari kokpit dengan menggunakan kendali stik.
5. Jenis kestabilan yang dilakukan *elevator* adalah menyetabilkan pesawat dalam arah longitudinal.
6. Pergerakan *elevator* bersamaan antara kiri dan kanan, berdefleksi naik atau turun.

❖ Gerak Dasar Pesawat Udara

Pada dasarnya, pesawat terbang mempunyai gerak dasar pesawat yang fungsinya agar pesawat dapat bergerak stabil pada saat terbang di udara. Adapun ketiga gerak dasar pesawat itu adalah sebagai berikut:

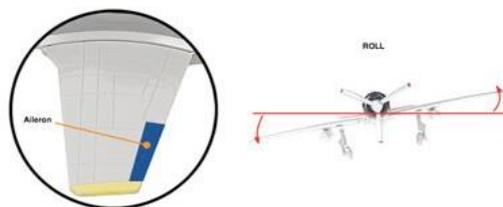
Pitching



Gambar 2.18 Pitching
Sumber: Lit. 8

(Saroinsong,2018) *Pitching* merupakan gerakan mengangguk atau gerakan keatas dan kebawah dari *nose* pesawat, *pitching* bergerak pada sumbu lateral pesawat. Untuk dapat melakukan gerakan *pitching*, pilot menggerakkan bidang kendali utama atau *primary control surface*, yaitu dengan menggerakkan *Elevator* yang terletak pada *horizontal stabilizer*. Pergerakan *Elevator* dikendalikan dengan menggunakan *stick control* yang berada di dalam *cockpit*, *stick* digerakkan kedepan dan kebelakang. Apabila *stick* digerakkan kebelakang, maka *Elevator up* atau keatas dan akan mengakibatkan *nose* pesawat bergerak keatas. Apabila *stick* digerakkan kedepan, maka *Elevator down* atau turun dan akan mengakibatkan *nose* pesawat bergerak turun kebawah. Gerakan *pitching* dilakukan pada saat pesawat akan melakukan *take off* (pada saat *climbing* atau terbang menanjak) dan *landing* (pada saat *descent* atau terbang menurun).

Rolling

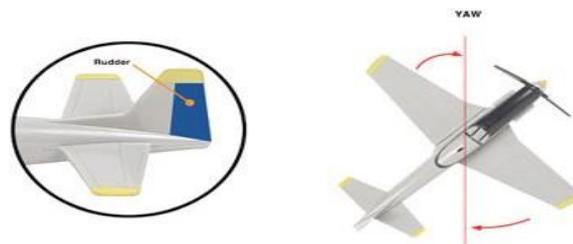


Gambar 2.19 Rolling
Sumber: Lit. 8

(Saroinsong,2018) *Rolling* merupakan gerakan berguling (*roll*) dari pesawat, *rolling* bergerak pada sumbu *longitudinal* pesawat. Untuk dapat melakukan gerakan *rolling*, pilot menggerakkan bidang kendali *Aileron* yang berada di *wing* (sayap). Pergerakan *Aileron* dikendalikan dengan menggunakan *stick control* yang berada di

dalam *cockpit*, *stick* digerakkan ke kiri dan kekanan. Di tepi belakang luar masing-masing sayap, kedua *aileron* bergerak berlawanan arah, naik dan turun, mengurangi daya angkat pada satu sayap sekaligus meningkatkannya di sisi lain. Hal ini menyebabkan pesawat melakukan *roll* ke kiri atau ke kanan. Untuk memutar pesawat, pilot menggunakan *aileron*s untuk memiringkan sayap ke arah yang diinginkan.

Yawing



Gambar 2.20 *Yawing*

Sumber: Lit. 8

(Saroinsong,2018) *Yawing* merupakan gerakan menggeleng atau *nose* pesawat bergerak ke kanan dan ke kiri. *Yawing* bergerak pada sumbu vertikal pesawat. Untuk dapat melakukan gerakan *yawing* pada pesawat, pilot menggerakkan bidang kendali *Rudder* yang berada pada *vertical stabilizer*. Pergerakan *Rudder* dikendalikan dengan menggunakan pedal *Rudder* (kanan dan kiri) yang berada didalam *cockpit*. Apabila pedal kanan diinjak, maka *Rudder* akan bergerak kekanan dan *nose* pesawat akan mengarah ke kanan. Dan apabila pedal kiri diinjak, maka *Rudder* akan bergerak ke kiri dan *nose* pesawat akan mengarah ke kiri.

❖ **Sumbu dan Kendali Penerbangan (*Primary Flight Control*)**

Tabel 2.1 *3-Axis Control*

<i>Primary Control Surfaces</i>	<i>Airplane Movement</i>	<i>Axes of Rotation</i>	<i>Type of Stability</i>
<i>Aileron</i>	<i>Roll</i>	<i>Longitudinal</i>	<i>Lateral</i>
<i>Elevator</i>	<i>Pitch</i>	<i>Lateral</i>	<i>Longitudinal</i>
<i>Rudder</i>	<i>Yaw</i>	<i>Vertical</i>	<i>Directional</i>

Sumber: Lit. 1

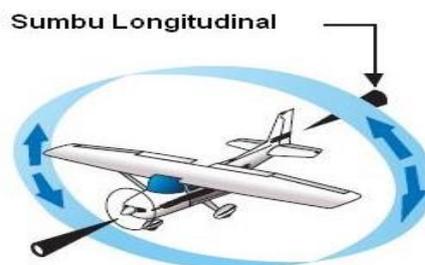
Tiga sumbu pada penerbangan

Semua penerbangan manuver berlangsung di sekitar satu atau lebih dari tiga sumbu rotasi. Mereka disebut sumbu longitudinal, lateral, dan vertikal dari penerbangan. Memiliki definisi masing-masing dan berhubungan langsung dengan permukaan kendali penerbangan. Berikut pengertian dari tiap-tiap sumbu yang bekerja pada pesawat.

Sumbu *Longitudinal*

Sumbu *longitudinal* merupakan sumbu yang memanjang di sepanjang badan pesawat (*fuselage*) yaitu memanjang yang dimulai dari bagian hidung pesawat hingga bagian ekor pesawat. Ketika *aileron* dibelokkan, pesawat menciptakan gerakan memutar langsung pada sumbu *longitudinal*. Karena *aileron* selalu bergerak dalam arah yang berlawanan, bentuk aerodinamis dari setiap sayap dan gaya angkat dari sayap tersebut juga terpengaruh secara berbeda.

Aileron melekat pada sisi belakang sayap dan mengontrol gerakan memutar pada sumbu *longitudinal*. Jika kolom kontrol dipindahkan ke kanan, *aileron* kanan bergerak ke atas dan kiri *aileron* ke bawah, menyebabkan gulungan (*rolling*) ke kanan.



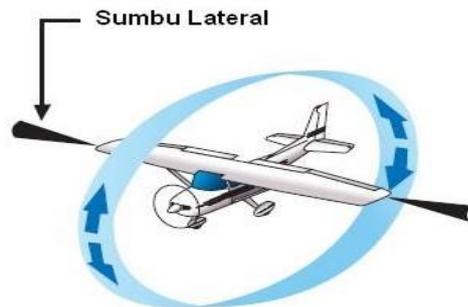
Gambar 2.21 Sumbu *Longitudinal*
Sumber: Lit. 1

Sumbu *Lateral*

Sumbu *lateral* merupakan sumbu yang memotong dari ujung sayap ke ujung sayap yang lainnya. Gerakan *pitch* pada sumbu *lateral* dihasilkan oleh *elevator* atau *stabilator*. Karena penstabil *horizontal* adalah *aerofoil*, pergerakan dari *elevator* (atau *stabilator*) cukup mirip dengan *aileron*. Pada dasarnya, garis *chord* dan *camber stabilizer* yang efektif diubah oleh defleksi *elevator*. Dengan kata lain, ketika *elevator* dibelokkan ke satu arah, garis ukur akan berubah dan meningkatkan

sudut serang. Sudut serangan yang meningkat ini menghasilkan lebih banyak pengangkatan pada satu sisi ekor yang menyebabkan *elevator* bergerak.

Elevator terpasang ke *trailing edge* dari *tailplane* dan mengontrol momen *pitching* pada sumbu *lateral*. Gerakan mundur dari kolom kontrol menggerakkan *elevator* ke atas dan menyebabkan *nose* pesawat terangkat.

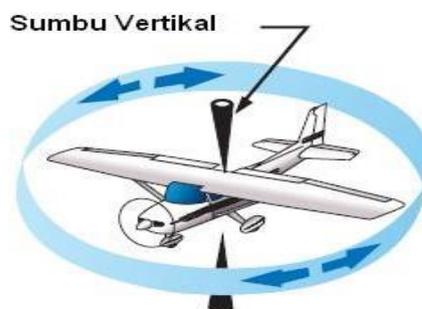


Gambar 2.22 Sumbu *Lateral*
Sumber: Lit. 1

Sumbu Vertikal (atau Normal)

Sumbu ini merupakan sumbu yang tegak melewati *center of gravity*. Ketika tekanan diterapkan ke pedal kemudi, kemudi membelok ke aliran udara. Sumbu ini menghasilkan gaya aerodinamis yang memutar pesawat pada poros vertikalnya. Ini disebut sebagai "*yawing*" pesawat terbang. Kemudi dapat dipindahkan baik ke kiri atau kanan tengah, tergantung pada kemudi-kemudi yang ditekan..

Rudder terpasang ke tepi belakang sirip dan menyebabkan pesawat menguap pada sumbu vertikal/normal. Gerakan menekan pedal kemudi kanan ke depan menggerakkan kemudi ke kanan yang menyebabkan pesawat terbang ke kanan pada arah sumbu vertikal/normal.

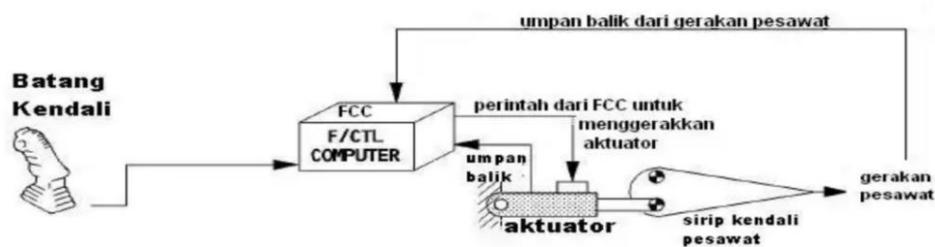


Gambar 2.23 Sumbu *Vertikal*
Sumber: Lit. 1

2.3 Flight Control Fly-By-Wire System

Sistem fly-by-wire (FBW) menggantikan kendali penerbangan manual pesawat terbang dengan elektronik antarmuka. Pergerakan kendali penerbangan diubah menjadi sinyal elektronik yang ditransmisikan oleh kabel (oleh karena itu istilah *fly by wire*), dan *flight control computer* (FCC) menentukan cara memindahkan aktuator di setiap permukaan kendali untuk memberikan respon yang diharapkan. Perintah dari komputer juga diinput tanpa sepengetahuan pilot untuk menstabilkan pesawat dan melakukan tugas lain. Elektronika untuk sistem kendali penerbangan pesawat adalah bagian dari bidang yang dikenal sebagai avionik.

Sistem *fly-by-wire* dirancang dan disertifikasi untuk membuat generasi baru pesawat terbang menjadi lebih aman, hemat biaya, dan nyaman untuk terbang. Permukaan kontrol penerbangan semua dikendalikan secara listrik dan diaktifkan secara hidrolik.



Gambar 2.24 Fly By Wire Basic Layout

Sumber: Lit. 6

2.4 Dasar Pemilihan Bahan

Di dalam merencanakan suatu alat perlu sekali memperhitungkan dan memilih bahan-bahan yang akan digunakan, apakah bahan tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan baik itu secara dimensi ukuran ataupun secara sifat dan karakteristik bahan yang akan digunakan. Berdasarkan pemilihan bahan yang sesuai maka akan sangat menunjang keberhasilan dalam perencanaan tersebut, adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan yaitu:

1. Fungsi dari komponen

Dalam perencanaan ini, komponen-komponen yang direncanakan mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Yang dimaksud dengan fungsinya adalah bagian-bagian utama dari perencanaan atau bahan yang akan dibuat dan dibeli harus sesuai dengan

fungsi dan kegunaan dari bagian-bagian bahan masing-masing. Namun pada bagian-bagian tertentu atau bagian bahan yang mendapat beban yang lebih besar, bahan yang dipakai tentunya lebih kuat. Oleh karena itu penulis memperhatikan jenis bahan yang digunakan sangat perlu untuk diperhatikan.

a. Sifat mekanis bahan

Dalam perencanaan perlu diketahui sifat mekanis dari bahan, hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan. Dengan diketahuinya sifat mekanis dari bahan maka akan diketahui pula kekuatan dari bahan tersebut. Sifat-sifat mekanis bahan yang dimaksud berupa kekuatan tarik, tegangan geser, modulus elastisitas, kekakuan, dan sebagainya.

b. Sifat kimia bahan

Sifat kimia bahan juga perlu diketahui untuk menentukan bahan apa yang akan dipakai. Sifat kimia yang dimaksud disini seperti : ketahanan terhadap korosi, tahan terhadap air, tahan terhadap panas dan lain sebagainya.

c. Sifat Teknologi

Sifat teknologi dari bahan ini perlu diketahui sebab, dari sifat inilah bahan bisa dibentuk atau di lakukan pemotongan dengan mudah serta apakah bahan dapat dilakukan penyambungan menggunakan paku, penyambungan skrup atau bahkan menggunakan lem.

2. Bahan mudah didapat

Bahan-bahan yang akan dipergunakan untuk komponen suatu mesin yang akan direncanakan hendaknya diusahakan agar mudah didapat dipasaran, karena apabila nanti terjadi kerusakan akan mudah dalam pengantiannya. Meskipun bahan yang akan direncanakan telah diperhitungkan dengan baik, akan tetapi jika tidak didukung oleh persediaan bahan yang ada dipasaran, maka pembuatan suatu alat tidak akan dapat terlaksana dengan baik, karena terhambat oleh pengadaan bahan yang sulit. Oleh karena itu perencana harus mengetahui bahan-bahan yang ada dan banyak dipasaran.

3. Harga Relatif Murah

Untuk membuat komponen-komponen yang direncanakan maka diusahakan bahan-bahan yang akan digunakan harganya harus semurah mungkin dengan tanpa

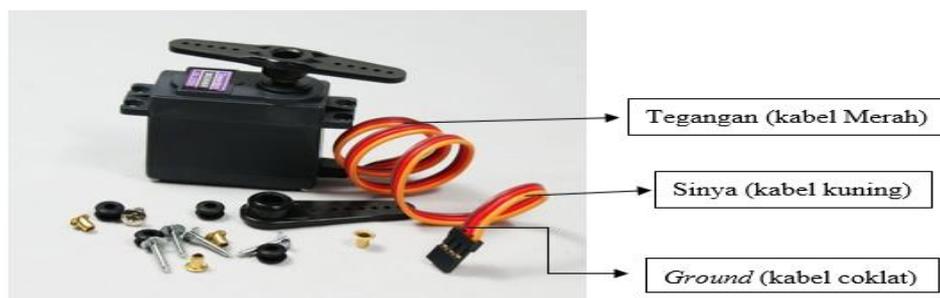
mengurangi karakteristik dan kualitas bahan tersebut. Dengan demikian dapat mengurangi biaya produksi dari komponen yang direncanakan.

2.5 Bahan–Bahan dan Komponen Model Simulator

- **Servo**

(Saroinsong,2018) Servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di *set-up* atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. Servo (Gambar 9) merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.

Servo merupakan komponen yang umum digunakan di dunia aeromodelling dan elektronik. Komponen ini terdiri dari poros yang terhubung dengan roda gigi, dan mampu bergerak karena motor DC. Motor servo harus terhubung dengan mikrokontroler sebagai otak dari sistem. Servo memiliki kapasitas torsi, apabila torsi yang dibebankan pada servo melebihi spesifikasinya, servo akan lebih cepat panas dan rusak. Servo memiliki tiga buah pin yaitu pin sinyal, tegangan dan *ground*.



Gambar 2.25 Servo

Sumber: Lit. 9

Peranan servo pada berbagai proyek elektronika yaitu sebagai aktuator sistem mekanik, seperti menggerakkan *control surface* pada sayap pesawat *remote control* pada sudut tertentu. Pada umumnya servo telah dilengkapi dengan sistem kendali umpan balik tertutup, sehingga didapatkan *output* yang terukur berupa posisi

putaran motor berdasarkan sudut dalam satuan derajat. Penggunaan servo digital bersama *microcontroller* hanya bersifat *closed loop* di dalam servo, namun tidak ada umpan balik yang menyatakan posisi sudut servo ke *microcontroller* sehingga untuk memastikan bahwa sudut yang diperintahkan telah sesuai harus menggunakan alat bantu seperti busur derajat.

Fungsi Motor Servo

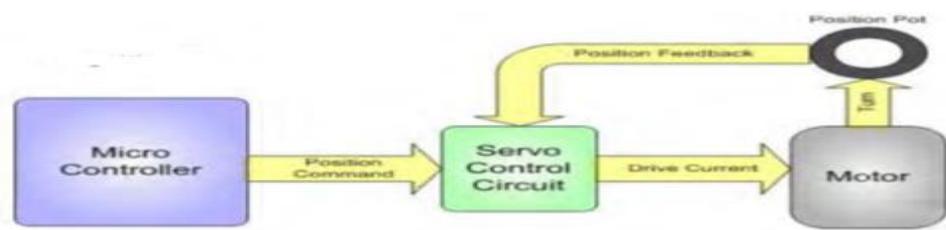
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, fungsi motor servo sangat beragam mulai dari penggerak lengan robot, kaki robot, dan masih banyak lagi yang lain. Motor servo juga kerap diaplikasikan untuk keperluan industri karena memiliki beberapa kelebihan. Namun motor servo juga punya beberapa kekurangan. Berikut beberapa kelebihan dan kekurangan motor servo.

1) Kelebihan Motor Servo

- Daya yang dihasilkan sebanding dengan berat atau ukuran motor
- Penggunaan arus listrik sebanding dengan beban
- Tidak bergetar saat digunakan
- Tidak mengeluarkan suara berisik saat dalam kecepatan tinggi
- Resolusi dan akurasi dapat diubah dengan mudah

2) Kekurangan Motor Servo

- Harga relatif lebih mahal dibanding motor DC lainnya
- Bentuknya cukup besar karena satu paket



Gambar 2.26 Sistem Kendali Pada Servo

Sumber: Lit. 2

- **Arduino Uno**

Arduino adalah papan rangkaian elektronik yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dan memiliki software pemrograman yang bekerja sebagai *open source*. Arduino dibuat untuk memudahkan eksperimen peralatan yang menggunakan *microcontroller* seperti

pesawat *remote control*, robotika dan sebagainya. Pemrograman Arduino dilakukan melalui komputer, sehingga perlu untuk menghubungkan port pada Arduino ke port USB komputer untuk memulai mengisikan program.

Arduino Uno adalah sebuah *board* yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM (*Pulse With Modulation*)), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai USB ke serial *converter* untuk komunikasi serial ke komputer melalui *port* USB.

"Uno" berarti satu di Italia dan diberi nama untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Versi 1.0 menjadi versi referensi Arduino ke depannya. Arduino Uno R3 adalah revisi terbaru dari serangkaian board Arduino, dan model referensi untuk *platform* Arduino.

Tabel 2.2 Data Teknis *Board* Arduino UNO R3

Mikrokontroler	Atmega 328
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan <i>Input</i> (<i>recommended</i>)	7-12 V
Tegangan <i>Input</i> (<i>limit</i>)	6-20 V
Pin digital I/O	14 (6 diantaranya pin PWM)
Pin Analog input	6
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3 V	150 mA
Flash Memory	32 KB dengan 0.5 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>
EEPROM	1 KB
Kecepatan Pewaktuan	16 Mhz

Sumber: Lit.21



Gambar 2.27 Arduino Uno
Sumber: Lit. 11

- **LCD (*Liquid Crystal Display*)**

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.



Gambar 2.28 LCD (*Liquid Crystal Display*)
Sumber: Lit. 14

- **Adaptor**

Adaptor adalah sebuah perangkat berupa rangkaian elektronika untuk mengubah tegangan listrik yang besar menjadi tegangan listrik lebih kecil, atau rangkaian untuk mengubah arus bolak-balik (arus AC) menjadi arus searah (arus DC). Adaptor / *power supply* merupakan komponen inti dari peralatan elektronik. Adaptor digunakan untuk menurunkan tegangan AC 220 Volt menjadi kecil antara 3 volt sampai 12 volt sesuai kebutuhan alat elektronika. Terdapat 2 jenis adaptor berdasarkan sistem kerjanya, adaptor sistem trafo *step down* dan adaptor sistem *switching*.

Dalam prinsip kerjanya kedua sistem adaptor tersebut berbeda, adaptor *stepdown* menggunakan teknik induksi medan magnet, komponen utamanya adalah kawat email yang di lilit pada teras besi, terdapat 2 lilitan yaitu lilitan primer dan lilitan skunder, ketika listrik masuk kelilitan primer maka akan terjadi induksi pada kawat email sehingga akan terjadi gaya medan magnet pada teras besi kemudian akan menginduksi lilitan skunder. Sedangkan sistem *switching* menggunakan teknik transistor maupun IC *switching*, adaptor ini lebih baik dari pada adaptor teknik induksi, tegangan yang di keluarkan lebih stabil dan komponennya suhunya tidak terlalu panas sehingga mengurangi tingkat resiko kerusakan karena suhu berlebih, biasanya regulator ini di gunkan pada peralatan elektronik digital.

Adaptor dapat dibagi menjadi empat macam, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Adaptor DC *Converter*, adalah sebuah adaptor yang dapat mengubah tegangan DC yang besar menjadi tegangan DC yang kecil. Misalnya: Dari tegangan 12 V menjadi tegangan 6 V.
2. Adaptor *Step Up* dan *Step Down*. Adaptor *Step Up* adalah sebuah adaptor yang dapat mengubah tegangan AC yang kecil menjadi tegangan AC yang besar. Misalnya: Dari Tegangan 110 V menjadi tegangan 220 V. Sedangkan Adaptor *Step Down* adalah adaptor yang dapat mengubah tegangan AC yang besar menjadi tegangan AC yang kecil. Misalnya: Dari tegangan 220 V menjadi tegangan 110 V.

3. Adaptor *Inverter*, adalah adaptor yang dapat mengubah tegangan DC yang kecil menjadi tegangan AC yang besar. Misalnya: Dari tegangan 12 V DC menjadi 220 V AC.
4. Adaptor *Power Supply*, adalah adaptor yang dapat mengubah tegangan listrik AC yang besar menjadi tegangan DC yang kecil. Misalnya: Dari tegangan 220 V AC menjadi tegangan 6 V, 9 V, atau 12 V DC.



Gambar 2.29 Bentuk Fisik Adaptor
Sumber: Lit. 21

• **Komponen Gyroskop GY-521 MPU 6050 3 Axis Accelerometer + 3 Axis Gyroscope**

Komponen GY-521 MPU-6050 adalah sebuah komponen yang berinti sensor MPU-6050 yang merupakan 6 axis *Motion Processing Unit* dengan penambahan regulator tegangan dan beberapa komponen pelengkap lainnya yang membuat rangkaian ini siap dipakai dengan tegangan *supply* sebesar 3-5 V DC.

Sensor MPU 6050 adalah chip IC *inverse* yang didalamnya terdapat sensor *Accelerometer* dan sensor *Gyroscope* yang sudah terintegrasi. Sensor- sensor yang terdapat pada sensor MPU 6050 mampu membaca kemiringan sudut berdasarkan data dari sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope*.

Sensor *Accelerometer* merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi getaran, dan bisa juga untuk percepatan gravitasi. Pendeteksian gerakan berdasarkan pada 3 sumbu yaitu kanan-kiri, atas-bawah dan depan-belakang. *Accelerometer* sering digunakan untuk menghitung sudut kemiringan, dan hanya dapat melakukan kerja ketika dalam keadaan statis (tidak bergerak)..Contoh aplikatif *Accelerometer* seperti pada *airbag* mobil yang mendeteksi percepatan, gadget elektronik, *safety installation* pada kendaraan. Sensor ini sering dikombinasikan dengan satu atau lebih sensor *gyro* dan kombinasi data yang digunakan untuk menghitung sudut untuk mendapatkan sudut kemiringan yang akurat.

Gyroscope adalah berupa sensor *gyro* untuk menentukan arah gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. Sensor *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan sikap suatu benda, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan di dalamnya yang tetap stabil. *Gyroscope* sering digunakan pada robot atau helikopter dan alat-alat canggih lainnya.

Dengan menggunakan kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* pada suatu sistem maka *Accelerometer* dapat memberikan pengukuran sudut saat sistem berada pada kondisi diam. Sedangkan pada saat sistem berotasi *Accelerometer* tidak bisa bekerja secara maksimal karena memiliki respon yang lambat. Kelemahan inilah yang dapat diatasi oleh *Gyroscope* karena sensor ini dapat membaca kecepatan sudut yang dinamis. Namun *Gyroscope* juga memiliki kelemahan yaitu proses perpindahan kecepatan sudut dalam jangka waktu yang panjang menjadi tidak akurat karena ada efek bias yang dihasilkan oleh *Gyroscope*. Dari kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* didapatkan 6 sumbu pendeteksian yaitu 3 sumbu rotasi (x, y, z) dan 3 sumbu linier (atas-bawah, kanan-kiri, depan-belakang).



Gambar 2.30 Komponen Gyroskop GY521 yang berbasis sensor MPU 6050
Sumber: Lit. 19

- ***Polyfoam***

(Wiratama,2016) *Polyfoam* atau sering disebut *depron* pada dasarnya adalah *styrofoam* padat (densitas tinggi) yang tersedia pada ketebalan hingga 5mm. *Polyfoam* biasa digunakan untuk insulasi ruangan agar panas/dingin tidak keluar dari ruangan. Bahan ini memiliki sifat yang sangat kaku namun cukup ringan serta mudah dipotong-potong sesuai kreatifitas sehingga ideal untuk bahan aeromodeling.

Polyfoam mudah untuk disambung dengan lem tembak (*glue gun*) atau dengan lem berbasis *epoxy* dan biasanya menggunakan rangka penguat berupa triplek (*polywood*). Pesawat *aeromodelling* dengan bahan ini dapat menghasilkan *airframe* yang sangat ringan. Kekurangan dari bahan *polyfoam* adalah sifatnya yang jika sekali patah, maka patahan akan sangat fatal dan melebar dengan cepat sehingga terkadang sudah tidak layak digunakan lagi dan harus membuat baru. Tingkat kekerasan *polyfoam* kurang tinggi, sehingga mudah tergores atau cacat pada permukaannya. Adapun kesulitan dalam mendesain pesawat *polyfoam* adalah dikarenakan *polyfoam* berupa lembaran, desain dengan hasil akhir yang berbentuk kotak-kotakan susah didapat. Kemudian, bahan ini tidak dapat dilem dengan sembarang lem, misalkan lem CA yang malah akan melelehkan bahan ini.



Gambar 2.31 *Polyfoam*
Sumber: Lit. 15

- ***Plywood* Multiplek**

Plywood dalam bahasa Indonesia biasa disebut kayu lapis. Kayu lapis sendiri terdiri atas beberapa varian. Di antaranya adalah multiplek yang jumlah lapisan kayunya lebih banyak. (Susanto,2017) Multiplek merupakan kayu olahan yang relatif lebih kuat dibanding jenis kayu olahan lainnya. Bahan dasar *plywood* adalah kulit kayu yang berlapis-lapis dan dipress. Tekstur lapisan kayunya lebih rapat, sehingga memiliki kekuatan yang lebih baik dan daya tahan terhadap air lebih kuat. Material yang satu ingin dapat digunakan dengan waktu yang cukup lama dalam pemakaian.

Sebagai salah satu bahan-bahan bangunan, multiplek memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Dimana kelebihan dan kekurangan pada suatu material merupakan hal yang wajar. Mengetahui kelebihan dan kekurangan material adalah

perlu, sehingga pada saat menggunakan material ini dapat diketahui bagaimana cara memanfaatkannya dengan baik. Berikut ini adalah beberapa kelebihan dan kekurangan dari multiplek yakni:

➤ Kelebihan:

- ✓ Terbuat dari bahan dasar kayu olahan yang penggunaannya sangat praktis. Jenis kayu ini sangat mudah untuk dibentuk menjadi berbagai macam keinginan menyesuaikan dengan selera yang diinginkan. Pembentukannya bahkan jauh lebih mudah dari jenis kayu yang lain.
- ✓ Dari segi kekuatan, multiplek sendiri memiliki ketahanan yang cukup tinggi terhadap penyusutan. Oleh karena itu, bentuk dan ukurannya tidak akan mudah berubah-ubah.
- ✓ Dalam penggunaannya, masih terdapat beberapa variasi pilihan berdasarkan ukuran serta ketebalannya. Maka dari itu, material ini sangat mudah untuk diaplikasikan pada berbagai tujuan.
- ✓ Bahan ini memiliki daya tahan yang tinggi terhadap perubahan cuaca eksterim. Selain itu, multipleks juga memiliki daya tekuk (lentur) yang sangat baik dibandingkan dengan produk kayu lainnya yang terbilang kaku.
- ✓ Multiplek memiliki sifat tahan air, yang kayunya tidak akan cepat rusak bila terkena oleh air karena memiliki lapisan keras yang menyelubungi bagian permukaan kayu.

➤ Kekurangan:

- ✓ Daya tahan multiplek akan semakin berkurang apabila terpapar cuaca ekstrim secara terus menerus. Maka dari itu, peletakkan kayu ini harus disesuaikan.



Gambar 2.32 *Plywood* Multiplek
Sumber: Lit. 20

2.6 Pengertian Perawatan

(Assuari,Sofyan.2008) Perawatan adalah suatu kegiatan yang tujuan untuk menjaga peralatan/mesin agar dapat berfungsi seperti yang direncanakan. Adapun cara menjaga alat adalah dengan merawat alat tersebut secara kontinyu atau secara periodik yang teratur, sesuai waktu yang dijadwalkan.

Jenis Perawatan

Pada umumnya kegiatan perawatan dibagi menjadi dua yaitu perawatan terencana (*planned maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*). Perawatan terencana merupakan kegiatan perawatan yang pada dasarnya memiliki perencanaan dalam hal ini perawatan yang dilakukan dengan pertimbangan untuk jangka panjang, terkontrol dan tercatat. Sedangkan perawatan tidak terencana merupakan kegiatan perawatan yang dilaksanakan secara tiba-tiba atau tanpa diduga sebelumnya.

- **Perawatan Terencana (*Planned Maintenance*)**

Planned Maintenance (perawatan Terencana) adalah perawatan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya

Perawatan terencana (*planned maintenance*) terdiri dari 3 macam:

1. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Preventive maintenance adalah perawatan yang dilakukan pada selang waktu yang diuraikan dan dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan bagian-bagian lain tidak memenuhi kondisi yang bisa diterima. Ruang lingkup pekerjaan *preventive* termasuk inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetulan, sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakan. Secara umum tujuan dari *preventive maintenance* adalah sebagai berikut:

- a. Meminimumkan *downtime* serta meningkatkan efektifitas mesin/peralatan dan menjaga agar mesin dapat berfungsi tanpa ada gangguan.
- b. Meningkatkan efisiensi dan untuk ekonomis mesin/peralatan.

2. *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance (perawatan perbaikan) adalah perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian termasuk penyetelan dan reparasi yang telah terhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang bisa diterima.

Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik. Perawatan ini bertujuan untuk mengubah mesin sehingga operator yang menggunakan mesin tersebut menjadi lebih mudah dan dapat memperkecil kerusakan mesin.

3. Perawatan Perbaikan (*Predictive Maintenance*)

Predictive maintenance adalah perawatan pencegahan yang diarahkan untuk mencegah kegagalan (*failure*) suatu sarana, dan dilaksanakan dengan memeriksa mesin-mesin tersebut pada selang waktu yang teratur dan ditentukan sebelumnya, pelaksanaan tingkat reparasi selanjutnya tergantung pada apa yang ditemukan selama pemeriksaan. Bentuk perawatan terencana yang paling maju ini disebut perawatan *predictive*, dan merupakan teknik penggantian komponen pada waktu yang sudah ditentukan sebelum terjadi kerusakan, baik berupa kerusakan total ataupun titik dimana pengurangan mutu telah menyebabkan mesin bekerja dibawah standar yang ditetapkan oleh pemakaian. Bagaimanapun baiknya suatu mesin dirancang, tidak bisa dihindari lagi pastiterjadi sejumlah keausan dan memburuknya kualitas mesin. Sesudah mengoptimumkan desain untuk mesin dengan metode perancangan pengurangan perawatan, tetap saja kita masih mengetahui bahwa bagian-bagian mesin akan aus, berkurang kualitasnya dan akhirnya rusak dengan tingkat yang dapat diramalkan jika dipakai pada kondisi penggunaan normal konstan.

- **Perawatan Tak Terencana (*Unplanned Maintenance*)**

Pada *unplanned maintenance* hanya ada satu jenis perawatan yang dapat dilakukan yaitu *emergency maintenance*. *Emergency maintenance* adalah perawatan yang dilakukan seketika mesin mengalami kerusakan yang tidak terdekteksi sebelumnya. *Emergency maintenance* dilakukan untuk mencegah akibat serius yang akan terjadi jika tidak dilakukan penanganan segera. Adanya berbagai

jenis perawatan di atas diharapkan dapat menjadi *alternative* untuk melakukan pemeliharaan sesuai dengan kondisi yang dialami di perusahaan. Sebaiknya perawatan yang baik adalah perawatan yang tidak mengganggu jadwal produksi atau dijadwalkan sebelum kerusakan mesin terjadi sehingga tidak mengganggu produktivitas mesin.

Adanya berbagai jenis perawatan diatas diharapkan dapat menjadi alternatif untuk melakukan perawatan sesuai dengan kondisi yang dialami di perusahaan. Sebaiknya perawatan yang baik adalah perawatan yang tidak mengganggu jadwal produksi atau dijadwalkan sebelum kerusakan mesin terjadi sehingga tidak mengganggu produktivitas mesin.

Tujuan Perawatan

Definisi Tujuan Perawatan, adalah sebagai berikut:

1. Memperpanjang usia kegunaan asset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan serta isinya).
2. Untuk menjamin kesiapan operasional dari keseluruhan peralatan/mesin.
3. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan peralatan itu.

Aktivitas Perawatan

Aktivitas-aktivitas utama dalam perawatan dan perbaikan adalah sebagai berikut:

- a. Perencanaan dan Penjadwalan

Hal ini mengenai tentang apa yang dipelihara, bagaimana memelihara dan kapan dipelihara, sehingga seluruh kegiatannya berjalan dengan lancar.

- b. Pembersihan

Pembersihan bagian-bagian mesin dan perlengkapan adalah salah satu kegiatan pemeliharaan yang terpenting dan suatu tugas yang harus dikerjakan oleh operator. Kegiatan pembersihan sebaiknya dilakukan sebelum dan sesudah melakukan kegiatan, baik pada saat operasi maupun pada saat melakukan perawatan.

- c. Pelumasan

Pelumasan harus dianggap sama pentingnya seperti pemeliharaan *preventive* misalnya ketidak tepatan pelumasan, tingkat pelumasan. Penyebab utama

kegagalan mesin-mesin adalah terlalu sedikit pelumasan atau tidak ada pelumasan.

- Inspeksi

Dalam inspeksi ada dua macam tes yaitu tes ketelitian dan penampilan. Tes ketelitian merupakan keperluan utama untuk alat-alat mesin dan dilaksanakan pada saat sebelum atau sesudah pemakaian. Sedangkan tes penampilan adalah penilaian terhadap sebuah komponen mesin secara keseluruhan.

- *Check up*

Aktivitas ini meliputi seluruh ukuran-ukuran pemeliharaan preventif lainnya seperti *check up* yang teratur, pemeriksaan dan perbaikan yang sebelumnya direncanakan. Aktivitas ini termasuk juga pengontrolan, dimana meliputi jadwal-jadwal waktu perawatan, pekerjaan perawatan dan perbaikan, dan ketelitian. (Sumber: Arsyad, Muhammad dan Ahmad Zubair Sultan. 2018. *Manajemen Perawatan*. Yogyakarta: CV Budi Utama)

Hal-Hal Penting Dalam Perawatan

Ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam perawatan, antara lain:

- a. Aktivitas perawatan merupakan suatu hal yang penting dan harus dilakukan dengan sebaik-baiknya. Maka dalam melaksanakan aktivitas perawatan perlu diperhatikan petunjuk dan pengalaman, serta jadwal yang telah ditentukan.
- b. Perlu diperhatikan pula pada proses perawatan, hendaknya biaya ditetapkan serendah-rendahnya, tanpa mengurangi arti dari perawatan itu sendiri.
- c. Untuk kelancaran aktivitas perawatan diperlukan adanya organisasi, perencanaan, penjadwalan dan pengendalian biaya sebaik-baiknya.
- d. Kerja sama yang baik antara pemakai mesin dengan bagian perawatan, sehingga proses perawatan dapat berjalan dengan lancar dan dapat mencapai target dan sarannya.
- e. Perawatan alat/mesin sifatnya adalah kontinyu dan harus dapat terbaca tentang riwayat yang menyangkut perawatannya.
- f. Untuk menghindari hal-hal yang dapat menimbulkan kesalahan atau kerugian perlu ditegaskan bahwa pemakai mesin tidak diperbolehkan melakukan perbaikan, penyetulan dan penggantian sendiri, tanpa sepengetahuan bagian

perawatan. Kualitas perawatan alat/mesin dapat dicapai apabila fasilitas perawatan cukup memadai.

2.7 Rumus-rumus Perancangan Model Simulator Pesawat

Wing

Wing span dan *wing chord* merupakan bagian model pesawat yang pertama kali dihitung. *Wing span* merupakan jarak dari *wing tip* sampai *wing tip*, sedangkan *wing chord* merupakan jarak dari *leading edge* sampai *trailing edge*. Untuk mencari kedua ukuran tersebut, kita harus menentukan *aspect ratio* dari *wing*. *Aspect ratio* merupakan perbandingan antara *wing span* dan *wing chord*. *Aspect ratio* yang baik adalah 5:1 dan 6:1. Setelah *aspect ratio*, kita perlu menentukan *wing span* atau *wing chord* yang diinginkan. Berikut hubungan antara *aspect ratio*, *wing span* dan *wing chord*.

$$\text{Aspect ratio} = \frac{\text{Wing Span}}{\text{Chord}} \dots\dots\dots (2.1, \text{Lit. 13})$$

Untuk *wing area*, dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Wing Area} = \text{Wing Span} \times \text{Wing Chord} \dots\dots\dots (2.2, \text{Lit. 13})$$

Fuselage

Panjang keseluruhan dari *fuselage* pesawat secara umum adalah sekitar 70% dari *wing span*. Jadi untuk menghitungnya dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Fuselage length} = 70\% \times \text{wing span} \dots\dots\dots (2.3, \text{Lit. 13})$$

Empennage

Terdapat *tail span*, *tail chord* dan *tail area* yang harus dihitung untuk membuat suatu model pesawat.

Untuk menghitung *tail area* dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Tail Area} = 20\% \times \text{Wing Area} \dots\dots\dots (2.4, \text{Lit. 13})$$

Untuk menghitung *tail span* dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Tail Span} = 2 \times \text{Wing Chord} \dots\dots\dots (2.5, \text{Lit. 13})$$

Untuk menghitung *tail chord* dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Tail Chord} = \frac{\text{Tail Area}}{2 \times \text{Wing Chord}} \dots\dots\dots (2.6, \text{Lit. 13})$$

Flight Control Surface

Flight control surface terdiri dari salah satunya *primary control surface*. *Primary control surface* merupakan pengendali utama pesawat, yaitu *aileron*, *elevator* dan *rudder*.

Jenis *aileron* yang ditentukan adalah *barn door aileron*. Untuk menghitung *barn door aileron* dapat menggunakan rumus berikut.

$$\text{Aileron Chord} = 25\% \times \text{Wing Chord} \dots\dots\dots (2.7, \text{Lit. } 13)$$

$$\text{Aileron Span} = \frac{1}{4} \times \text{Wing Span} \dots\dots\dots (2.8, \text{Lit. } 13)$$

Di dalam *elevator*, hanya *elevator chord* yang dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Elevator Chord} = \frac{(35\% \times \text{Tail Area})}{\text{Tail Span}} \dots\dots\dots (2.9, \text{Lit. } 13)$$

Untuk mencari ukuran *rudder*, pertama kita harus mencari *fin area*. *Fin area* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Fin Area} = 40\% \times \text{Tail Area} \dots\dots\dots (2.10, \text{Lit. } 13)$$

Setelah mendapat ukuran *fin area*, selanjutnya yaitu menentukan *rudder area*. *Rudder area* merupakan 35% dari *fin area*.

$$\text{Rudder Area} = 35\% \times \text{Fin Area} \dots\dots\dots (2.11, \text{Lit. } 13)$$

Lalu setelah mendapat ukuran *rudder area*, kita dapat mencari ukuran *fin height*, *fin width*, *rudder chord*, serta *rudder span*.

$$\text{Fin Height} = \frac{\text{Rudder Area}}{\text{Rudder Chord}} \dots\dots\dots (2.12, \text{Lit. } 13)$$

$$\text{Fin Width} = \frac{\text{Fin Area}}{\text{Fin Height}} \dots\dots\dots (2.13, \text{Lit. } 13)$$

$$\text{Rudder Chord} = \text{Elevator Chord} \dots\dots\dots (2.14, \text{Lit. } 13)$$

$$\text{Rudder Span} = \text{Fin Height} \dots\dots\dots (2.15, \text{Lit. } 13)$$

Servo

Adapun pemilihan servo dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut:

1. $\text{Stall Torque} = \frac{\text{Aileron Weight}}{\text{Push Rod Length}} \dots\dots\dots (2.16, \text{Lit. } 12)$

2. $\text{Stall Torque} = \frac{\text{Elevator Weight}}{\text{Push Rod Length}} \dots\dots\dots (2.17, \text{Lit. } 12)$

3. $\text{Stall Torque} = \frac{\text{Rudder Weight}}{\text{Push Rod Length}} \dots\dots\dots (2.18, \text{Lit. } 12)$