

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Flight Control

Seiring berkembangnya teknologi dalam dunia penerbangan dan perancang pesawat belajar lebih banyak tentang aerodinamika, industri ini menghasilkan pesawat yang lebih besar dan lebih cepat. Oleh karena itu, gaya aerodinamik yang bekerja pada permukaan kontrol meningkat secara eksponensial. Untuk membuat kekuatan kontrol yang dibutuhkan oleh pilot dapat dikendalikan, engineer pesawat merancang sistem yang lebih kompleks. Pada awalnya, desain hidromekanis, yang terdiri dari sirkuit mekanik dan sirkuit hidrolik, digunakan untuk mengurangi kompleksitas, berat, dan keterbatasan sistem kontrol penerbangan mekanis.

Ketika pesawat menjadi lebih canggih, permukaan kontrol digerakkan oleh motor listrik, komputer digital, atau kabel serat optik. Disebut "*fly-by-wire*," sistem kontrol penerbangan ini menggantikan koneksi fisik antara kontrol pilot dan permukaan kontrol penerbangan dengan listrik. Selain itu, di beberapa pesawat besar dan cepat, kontrol didorong oleh sistem yang digerakkan secara hidrolik atau elektrik. Dalam *fly-by-wire* dan kontrol yang ditingkatkan, nuansa reaksi kontrol diumpankan kembali ke pilot dengan cara disimulasikan.

*Flight control* pesawat terbang terdiri dari *primary flight control* dan *secondary flight control*. *Aileron*, *Elevator* (atau *stabilisator*), dan *rudder* merupakan *primary flight control* dan berfungsi untuk mengontrol pesawat terbang dengan aman ketika terbang. *Flaps*, *leading edge devices*, *spoilers*, dan *trim* merupakan *secondary flight control* dan berfungsi untuk menambah kinerja karakteristik pesawat terbang atau meringankan pilot ketika kekuatan kontrol berlebihan.

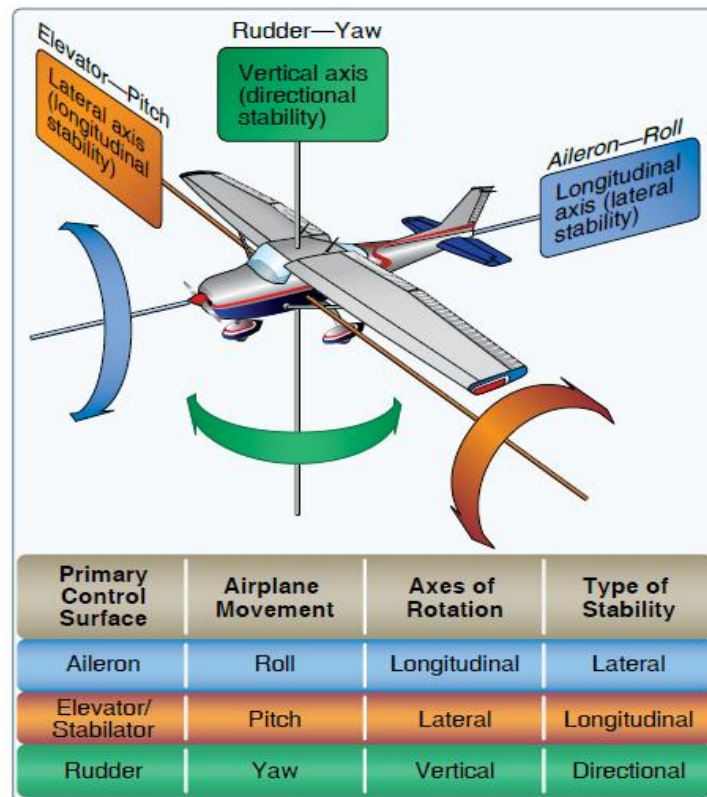
### 2.1.1 Primary Flight Control

*Control systems* pesawat terbang didesain untuk memberikan respon yang memadai untuk mengontrol input dengan memberikan rasa yang natural. Pada kecepatan rendah, *control stick* atau *control column* biasanya memberikan rasa yang lembut dan lamban, dan pesawat terbang merespon dengan lambat. Pada kecepatan tinggi, *control stick* atau *control column* bertambah keras dan pesawat terbang merespon dengan cepat.

Pergerakan dari ketiga *flight control surface* primer (*aileron*, *elevator* atau *stabilisator*, atau *rudder*), mengubah aliran udara dan pembagian tekanan di sekitar *airfoil*. Perubahan ini memengaruhi gaya angkat (*lift*) dan *drag* yang dihasilkan oleh kombinasi *airfoil/control surface*, dan memungkinkan seorang pilot untuk mengendalikan pesawat terbang pada ketiga sumbu rotasinya.

Desain fitur membatasi jumlah defleksi *flight control surfaces*. Contohnya, *control-stop mechanisms* mungkin diaplikasikan pada *flight control linkages*, atau pergerakan *control column* dan/atau pedal *rudder* mungkin dibatasi. Tujuan dari pembatasan ini adalah untuk mengantisipasi pilot dari kontrol pesawat terbang berlebihan ketika keadaan manuver normal.

Desain pesawat terbang sebagaimana mestinya adalah stabil dan mudah dikontrol ketika manuver normal. Input *control surface* menyebabkan pergerakan pada tiga sumbu rotasi. Macam-macam stabilitas pesawat terbang juga berhubungan dengan ketiga sumbu rotasi.



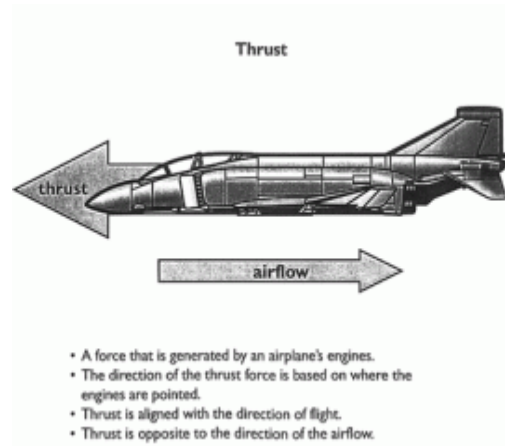
**Gambar 2.1** Kontrol, pergerakan, sumbu rotasi, dan tipe stabilitas pesawat terbang

## 2.2 Gaya-gaya pada pesawat terbang

### 1. *Thrust*

*Thrust* adalah gaya dorong yang diciptakan oleh kerja mesin yang mendorong udara kebelakang agar pesawat dapat melaju kedepan. Gaya tersebut tercipta oleh kinerja mesin pesawat yang menciptakan propulsi dan mendorong pesawat. Gaya dorong ini dipengaruhi oleh hukum newton 2 & 3 yang mengatakan bahwa Percepatan yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada benda berbanding lurus dengan besar gayanya dan berbanding terbalik dengan masa benda dan jika benda pertama mengerjakan gaya terhadap benda kedua, maka benda kedua akan

mengerjakan gaya terhadap benda pertama yang besarnya sama, tetapi arahnya berlawanan.

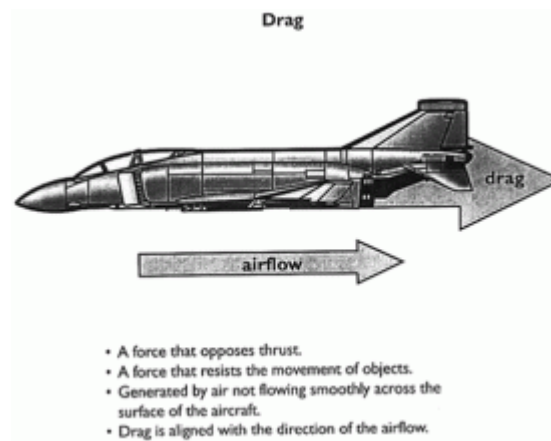


**Gambar 2.2** Gaya *Thrust* pada pesawat

## 2. Drag

Saat pesawat mulai terdorong oleh kerja mesin, ada gaya yang bekerja berlawanan atau menghambat gerakannya pesawat dengan menghasilkan gaya gesek sehingga menahan laju pesawat. *Drag* biasa juga disebut *resistance* atau berlawanan. Hal yang mempengaruhi *drag* dalam dunia penerbangan adalah *fuselage* atau body pesawat itu sendiri, tetapi *drag* juga bisa dihasilkan oleh *spoiler*, *flap*, dan *slat*.

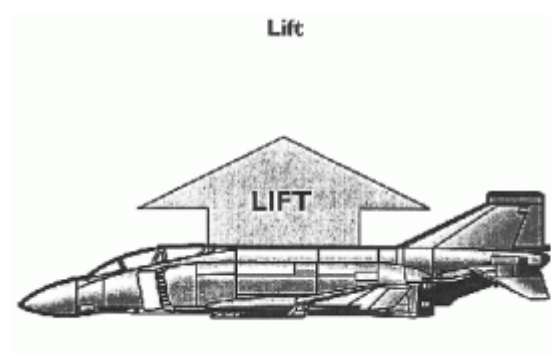
*Drag* dapat sangat merugikan karena dapat menghambat laju pesawat tetapi juga dapat sangat bermanfaat apabila pesawat sedang melakukan proses pengereman. perancang pesawat berupaya untuk meminimalisir gaya ini dengan merancang jalannya udara agar tidak terlalu terhambat dengan body pesawat itu sendiri. Ilmu yang mempelajari tentang pergerakan udara disebut aerodinamika.



**Gambar 2.3** Gaya *Drag* pada pesawat

### 3. *Lift*

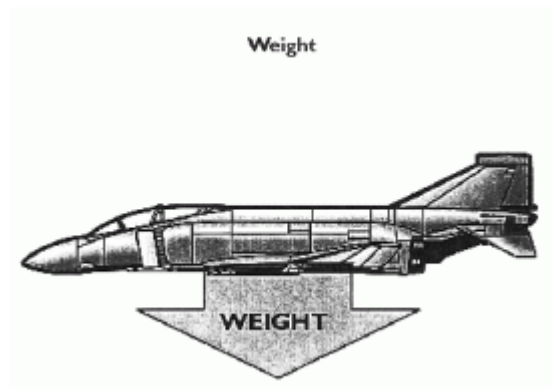
*Lift* adalah gaya yang mempengaruhi tentang bagaimana pesawat tersebut dapat terangkat ke udara. Dengan memanfaatkan gaya *drag* yang dihasilkan oleh sayap dan mengalirkan udara kebagian bawah sayap sehingga menghasilkan gaya angkat dan menerbangkan pesawat tersebut. Dengan bentuk sayap yang telah dirancang tersebut membuat kecepatan udara diatas sayap lebih tinggi daripada kecepatan udara dibagian bawah sayap sehingga tekanan udara di bagian atas sayap lebih rendah dibandingkan dengan dibagian bawah sayap hal tersebut mengakibatkan udara akan mengangkat pesawat keatas, hal tersebut sedikit menyinggung hukum bernoulli yang memang menjadi dasar acuan gaya angkat pesawat.



**Gambar 2.4** Gaya *Lift* pada pesawat

#### 4. *Weight*

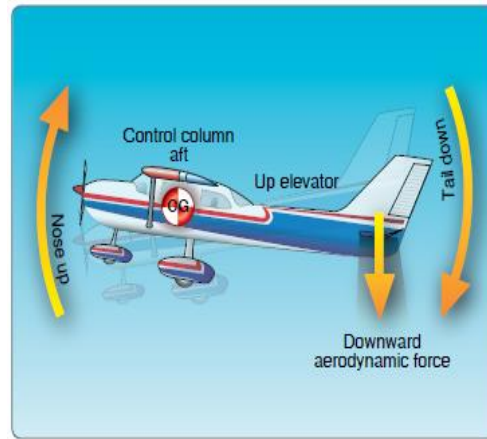
Setelah pesawat berhasil berada di udara, ada lagi satu gaya terakhir yang menjadi resistance bagi *lift* yaitu adalah *weight* yang mempengaruhi beban pesawat itu sendiri ditambah dengan gaya gravitasi yang menarik badan pesawat untuk kembali ke tanah. Hal ini berkaitan dengan hukum relativitas umum einstein mengenai gravitasi. Semakin berat pesawat maka akan memaksa gaya sebaliknya untuk bekerja lebih keras yaitu dengan menambah lift yang dengan kata lain menambah thrust. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin berat pesawat atau semakin besar *weight* nya maka akan semakin besar pula gaya dorong dan gaya angkat yang diperlukan oleh pesawat tersebut agar dapat tetap terbang.



**Gambar 2.5** Gaya *Weight* pada pesawat

### 2.3 Elevator

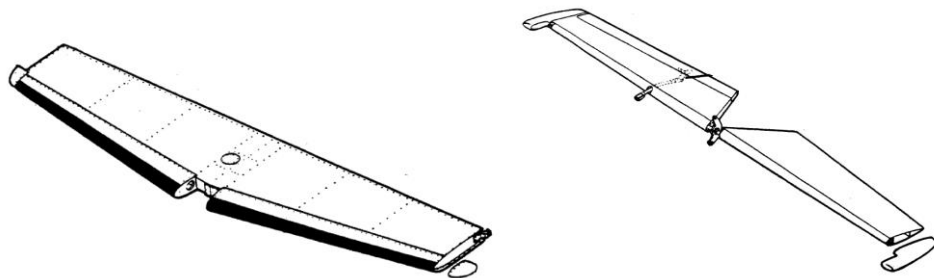
*Elevator* mengendalikan *pitch* pada sumbu *lateral*. Elevator dihubungkan ke *control column* di kokpit dengan cara mekanik. Gerakan menarik *control column* ke belakang menyebabkan *trailing edge* elevator naik ke atas. Keadaan ini disebut *up- elevator position*.



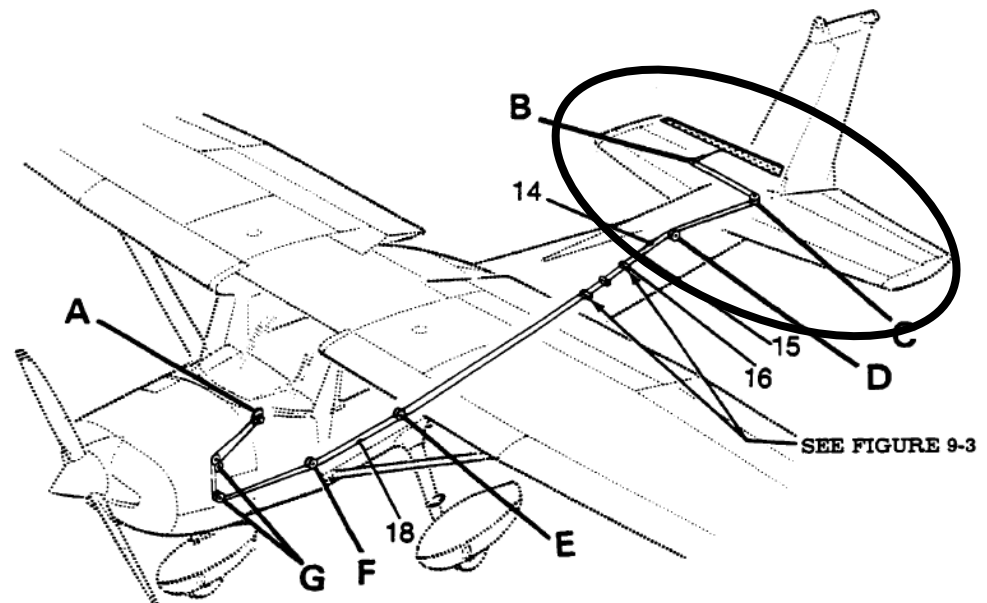
**Gambar 2.6** Elevator adalah kontrol primer untuk mengubah pitch pesawat

Hal ini bisa dilihat pada gambar 2.6 *Up-elevator position* mengurangi *camber* dari elevator dan menyebabkan gaya aerodinamis ke bawah, yang mana lebih besar daripada gaya normal saat *tail-down* pada penerbangan ketika *straight* dan *level*. Hal itu menyebabkan *tail* pesawat turun dan *nose* pesawat naik. Kekuatan dari momen *pitching* ditentukan dari jarak antara CG dan *horizontal tail surface*, maupun oleh keefektifan aerodinamis dari *horizontal tail surface*. Mendorong *control column* ke depan mempunyai efek yang berlawanan. Dalam hal ini, elevator *camber* bertambah, menambah gaya angkat/ *lift* (gaya *tail-down* berkurang) pada *horztab/ elevator*. Hal ini menggerakkan *tail* pesawat ke atas dan *nose* pesawat ke bawah. Momen *pitching* terjadi pada CG.

Seperti yang telah disebutkan di awal, kestabilan, tenaga, gaya dorong, dan posisi *horizontal tail surfaces* di *empennage* adalah faktor keefektifan *elevator* mengendalikan *pitch*. Contohnya, *horizontal tail surfaces* mungkin diletakkan dekat dengan bagian bawah *vertical stabilizer*, pada bagian tengah, atau atas seperti pada desain pesawat T-tail.

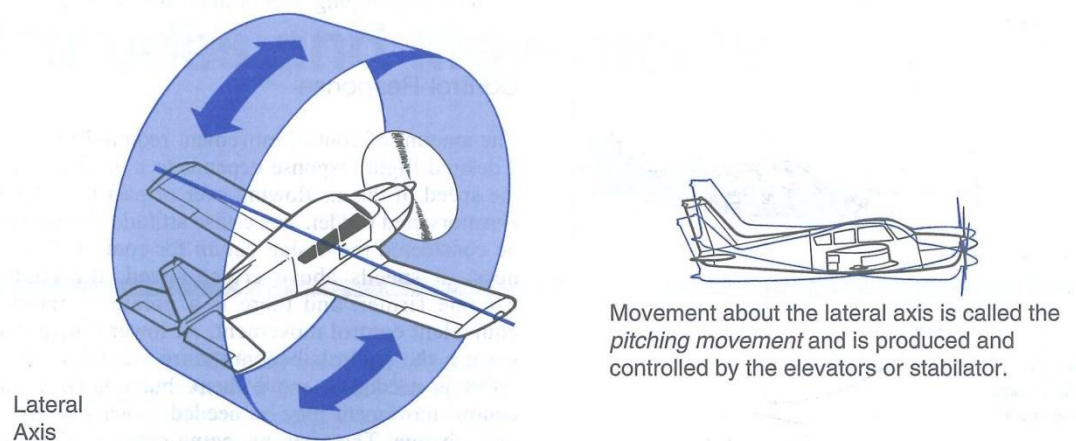


**Gambar 2.7** Elevator pada pesawat Cessna 152



**Gambar 2.8** Letak *Elevator* pada pesawat *Cessna 152*

### 2.3.1 Cara Kerja Elevator



**Gambar 2.9** Cara Kerja *Elevator*

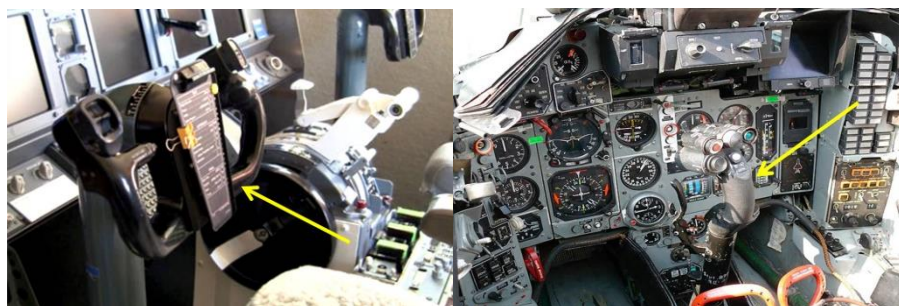
Jika pilot menginginkan pesawat melakukan *pitch up or down* (gerakan menaikkan dan menurunkan nose). Maka yang dilakukan adalah dengan menggerakkan stick control pada cockpit ke depan atau ke belakang.



Jika kita menginginkan *pitch up* (nose ke atas) maka pilot akan menggerakkan stick control nya ke belakang (menuju ke badan pilot) yang akan mendapat respon dengan naiknya elevator secara bersamaan. Dengan naiknya *elevator* maka terjadi penurunan gaya aerodinamika pesawat yang menekan tail ke bawah sehingga nose akan raise atau naik. Kebalikannya jika pilot menginginkan *pitch down*, maka stick control akan di gerakan ke depan yang akan membuat *elevator* bergerak ke bawah sehingga bagian tail mendapat gaya yang menekan ke atas dan menyebabkan nose turun.

### 2.3.1.1 Pitch

*Pitch* adalah gerak pesawat yang mengacu pada sumbu lateral. *Pitch* dibagi menjadi dua yaitu *pitch up* dan *pitch down*. Bidang kendali untuk menggerakkan pesawat untuk *pitch up* atau *down* adalah *elevator* dan alat kendalinya di kokpit disebut *stick*. *Stick* setiap pesawat berbeda-beda. Airbus lebih banyak berada di samping kanan dan kiri pilot. Boeing terletak di depan pilot dan sebagainya. Untuk menggerakkan pesawat supaya *pitch up* atau menaikkan pesawat supaya terbang, maka *stick* ditarik ke belakang dan sebaliknya jika pesawat ingin diturunkan maka harus melakukan gerakan *pitch down* dengan memajukan *stick* ke depan.



**Gambar 2.10** Contoh stick di kokpit pada pesawat terbang

## **2.4 Repair and Repainting**

### **2.4.1 Repair**

Ketika terbang maupun ketika di *maintenance* tentunya *Flight Control* bisa saja mengalami kerusakan, contohnya adalah *dent*. *Dent* adalah permukaan yang tertekuk/terlipat akibat benturan atau tabrakan dengan benda keras. Maka dari itu harus dilakukan *Repair* dengan cara menambahkan material baru ketempat yang mengalami *dent* untuk membuat permukaan *Flight Control* seperti semula. Tentunya setelah di *Repair* berat pesawat sebelum terkena dent dan berat pesawat ketika sudah di *Repair* akan berbeda. Maka dari itu *weighing* dilakukan setelah adanya *Repair* di *Flight Control*.

#### **2.4.1.1 Repair of Dents**

- a. Untuk memperbaiki penyok, gunakan White Streak Filler atau yang setara. Campurkan White Streak dengan benar sesuai proporsi seperti yang direkomendasikan oleh pabrikan.
- b. Jangan oleskan White Streak Filler di atas cat. Semua cat harus dihilangkan dalam area perbaikan dan permukaan aluminium diampelas ringan untuk meningkatkan adhesi. Oleskan White Streak ke tingkat yang sedikit di atas kulit di sekitarnya. Setelah kering selama 10-15 menit amplas permukaan kulit dengan hati hati.

### **2.4.2 Repainting**

Sesuai dengan namanya *Repainting* adalah pengecatan kembali. Pengecatan pada *Flight Control* bisa sangat mempengaruhi berat dari *Flight Control* itu sendiri, dan tentunya akan terjadi perbedaan berat ketika *Flight Control* sudah di *Repainting*. Maka dari itu *weighing* perlu dilakukan ketika proses *Repainting* selesai.

#### 2.4.2.1 Persiapan Pengecatan (Pre-Painting)

- a. Pada pesawat standar, campur jumlah Imron dengan Imron 192S Activator dalam rasio 3 banding 1. Campur dengan seksama (tidak diperlukan waktu induksi sebelum penyemprotan). Imron harus diencerkan dengan Y8485S Imron Reducer untuk mendapatkan viskositas penyemprotan 18 hingga 22 detik pada Zahn Cup No.2. Viskositas harus diperiksa setelah 4 jam dan disesuaikan jika perlu.
- b. Saat menerapkan penyelesaian uretan yang dimodifikasi, proses pengecatan harus mengenakan respirator yang disetujui, yang memiliki filter debu dan kartrid uap organik, atau respirator yang memasok udara. Semua lapisan uretan yang dimodifikasi mengandung beberapa isosianat, yang dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan atau reaksi alergi. Sehingga seseorang dapat menjadi peka terhadap isosianat.
- c. Lama campuran sekitar 6-8 jam pada suhu 75 ° F. Tekanan pot harus sekitar 12 psi selama aplikasi. Tekanan udara pada alat penyemprot harus 40 hingga 50 psi.
- d. Gosok pasir primer hanya jika ada partikel yang mengalir atau kotor. Kekasaran minor atau grit dapat dihilangkan dengan menggosok permukaannya dengan kertas coklat Kraft yang telah kusut seluruhnya. Buka kedap ABS dan bagian siap lainnya dan periksa kaset. Bersihkan permukaan dengan semburan udara kering bertekanan rendah.

### 2.4.2.2 Proses Pengecatan (Painting)

- a. Proses pengecatan pesawat harus dilakukan dengan 2 atau 3 lapisan basah. Lapisan kering tidak akan mengalir, dan akan meninggalkan permukaan yang kasar.
- b. Biarkan selama 5 menit agar permukaannya lepas sebelum memindahkan pesawat ke oven.
- c. Pindahkan ke oven dan keringkan kurang lebih 1 1/2 jam pada temperatur 120°F hingga 140°F.
- d. Ketebalan film kering dari keseluruhan warna.

#### A. Metal

Proses pengecatan bertujuan untuk mencegah terjadinya korosi, biasanya ditunjukkan untuk metal-metal, mengingat metal tersebut mudah korosi yang disebabkan karena berhubungan dengan lingkungan.

##### a. *Cleaning*

Sebelum dilakukan proses pengecatan, tahap yang paling penting adalah cleaning atau pembersihan dari permukaan metal tersebut.

##### b. *Anodizing*

Prinsip dasar anodizing adalah pembentukan lapisan oksida pada permukaan logam terutama logam aluminium dengan bantuan arus listrik, dimana benda kerja (part) sebagai anodanya.

Tujuan anodizing antara lain :

- Ketahanan terhadap korosi
- Dasar pengecatan
- Dasar pewarnaan
- Ketahanan terhadap gesekan
- Bonding

Sebagai contoh kita ambil proses *chromic acid anodizing* untuk aluminium, untuk proses anodizing metal, metal lainnya prinsipnya sama, yang dimaksud dengan proses *chromic acid anodizing* adalah proses reaksi oksidasi bersifat anhydrite dan porous.

Karena adanya lapisan yang porous ini, maka apabila diteruskan dengan pengecatan material cat akan mengisi pori-pori yang terbentuk sehingga penempelan/adherence dari cat tersebut akan sangat bagus.

## **B. Chemical Conversion Coating**

Proses chemical conversion coating pada prinsipnya adalah proses pembentukan lapisan yang tahan terhadap korosi tanpa batuan listrik.

Sedangkan tujuan dari chemical conversion coating antara lain :

- Ketahanan korosi
- Dasar pengecatan
- Dasar perservasi

Proses chemical conversion coating dapat diterapkan pada bagian macam material, tentu saja untuk setiap mcam material diperlukan larutan yang tertentu pula. Untuk material aluminium biasa disebut sebagai proses anodizing, untuk material steel adalah posphape coating/phosphate anodizing, sedangkan untuk material titanium phosepate florid coating dan sebagainya.

## **C. Non metal**

Persiapan permukaan non metal sebelum pengecatan adalah cleaning menggunakan solvent/bahan pelarut kemudian dilakukan sanding/amplas menggunakan kertas amplas.Perlu diperhatikan disini bahwa material solvent.

Yang boleh digunakan harus tidak merusak material plastiknya. Dengan demikian max atau neptha dihasilkan permukaan yang baik. Demikian pula penggosokan atau sanding tidak boleh dilakukan terlalu keras karena akan merusak permukaan plastic, amplas yang boleh digunakan adalah grid 250 atau yang lebih halus. Penggosokan dilakukan untuk membuat permukaan kasar sehingga material cat dapat menempel pada permukaan non metal.

## 2.5 Jig Balancing Flight Control

*Primary flight control* pada pesawat udara terdiri dari *aileron*, *rudder* dan *elevator*. Pesawat sebelum terbang harus dipastikan semua *flight control* dalam keadaan *balance*. Jika tidak, maka *flutter* akan terjadi ketika pesawat tersebut mengudara. *Flutter* adalah salah satu fenomena aeroelastisitas, yaitu fenomena getaran yang mengakibatkan sayap pesawat terbang “mengepak” seperti sayap burung. Hal ini diakibatkan karena kombinasi efek kekakuan struktur sayap, aerodinamika serta inersia (berat) dari struktur. Untuk menghindari terjadinya flutter harus dilakukan *balancing flight control*, salah satunya pada *elevator*. *Elevator* terletak pada *horizontal stabilizer*. *Elevator* merupakan salah satu *primary flight control* yang harus dipastikan dalam keadaan *balance*. Cara balancing *elevator* adalah dengan metode *jig procedure*, dimana *elevator* harus dilepas terlebih dahulu. *Balance* atau tidaknya *elevator* ditentukan dari nilai *configuration balance limit*.

Hasil yang didapat jika nilai *configuration balance limit* masih dalam range 0,00 hingga 19.52 (*Inch-Pounds*), karena menurut *AMM Cessna 152* batas maksimal yang dapat ditoleransi adalah 19.52 *Inch-pounds*. Jika pada penelitian didapatkan hasil lebih dari nilai maksimal tersebut, maka *elevator* harus dikembalikan ke *paint shop* untuk dilakukan pengelupasan beberapa lapisan catnya agar mengurangi beban *elevator* tersebut.

Apabila pengurangan beban pada *elevator* tidak bisa dilakukan lagi, maka *elevator* tersebut dianggap *reject* (tidak layak) dan harus diganti dengan yang baru.

### 2.5.1 Definisi Balancing

*Balancing* merupakan metode untuk membuat *flight control* pada pesawat menjadi seimbang, dengan cara menambahkan atau mengurangi pemberat pada *flight control* itu sendiri. *Balancing flight control* juga dapat mengurangi bahkan mencegah terjadinya *flutter* ketika pesawat sedang terbang.

### 2.5.2 Fungsi Balancing

Adapun fungsi dari proses balancing ini adalah :

1. Mencegah terjadinya *flutter*, sehingga dapat mencegah terjadinya *turbulence*.
2. Menjaga kondisi pesawat agar tetap *airworthy* sehingga layak terbang.
3. Menjaga struktur *flight control* agar tetap aerodinamis.
4. Meminimalisir dampak kecelakaan pesawat yang diakibatkan oleh *flutter* karena malfungsi dari *flight control*.

### 2.5.3 Metode Balancing

Berikut beberapa jenis metode balancing pada pesawat, yaitu :

#### 1. *Jig procedure*

*Jig Procedure* adalah metode yang mengharuskan untuk melepaskan *flight control* terlebih dahulu, lalu *flight control* diletakkan pada *balance jig stand* untuk dilakukan proses *balancing*.

**Syarat dari *jig procedure* adalah :**

- Seluruh bagian yang terlepas harus terlepas.
- Seluruh bagian yang terpasang harus terpasang.
- Lantai / tempat untuk meletakkan *tab elevator* harus *level*.
- Terlebih dahulu harus *top out finish* (sudah di *repair* dan di *repainting*).
- Lokasi untuk melakukan *jig procedure* harus bebas dari hembusan angin.

2. *Calculation procedure*

*Calculation procedure* adalah metode *balancing* dengan perhitungan yang tidak mengharuskan *flight control* dilepas dari pesawat.

**2.6 Alat dan Komponen Jig Balancing**

Adapun alat alat yang digunakan pada metode *jig balancing*, yaitu :

1. *Balance Jig Stand*

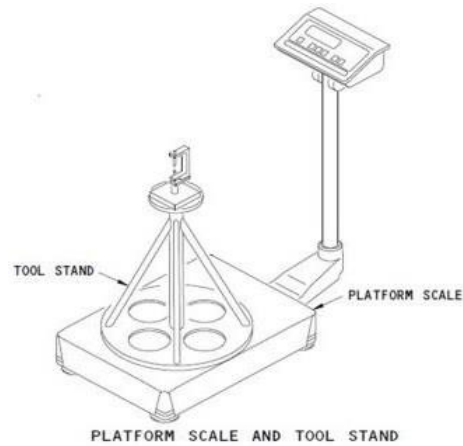


**Gambar 2.11** *Balance Jig Stand*

*Balance Jig Stand* berfungsi untuk menjadi tempat diletakkannya *flight control*.



## 2. Platform Scale and Tool Stand



**Gambar 2.12** Platform Scale dan Tool Stand

*Platform scale* berfungsi untuk menjadi timbangan pada proses *balancing*. *Tool stand* berfungsi untuk menjadi penyambung antara timbangan dengan *flight control*.

## 3. Weight Reaction Tip



**Gambar 2.13** Weight Reaction Tip

*Weight reaction tip* berfungsi untuk mengaitkan *flight control*, yang nantinya *weight reaction tip* ini akan diletakkan diatas *tool stand*.

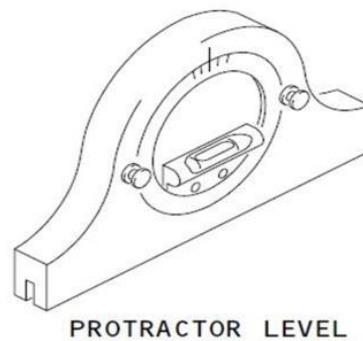
#### 4. *Hinge Support*



**Gambar 2.14** *Hinge Support*

*Hinge Support* berfungsi untuk tempat diletakkannya *support* ketika meletakkan *flight control* di *balance jig stand*.

#### 5. *Protactor Level*



**Gambar 2.15** *Protactor Level*

*Protractor level* berfungsi untuk menjadi indikator apakah kemiringan *flight control* pada saat diletakkan di *balance jig stand* sudah sesuai atau belum.