

# Metode *Balancing Jig Procedure* pada *Tab Elevator* Pesawat *Boeing 737-800* untuk Mengurangi Dampak *Flutter*

\*L. Giat Juangsa Putra\*, Dian Saputra #, Achmad Zahir Saputra\*

\*Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara  
Politeknik Negeri Batam  
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia  
E-mail: lalugiat@polibatam.ac.id

## Abstrak

*Primary flight control* pada pesawat udara terdiri dari *aileron*, *rudder* dan *elevator*; *Secondary flight control* terdiri dari *flaps*, *slats*, *spoiler* dan *trim tab*. 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 *Tab Elevator*. *Tab elevator* sering disebut dengan *trim tab* pada *elevator*. *Trim Tab* tersebut melekat pada *elevator* yang terletak pada *horizontal stabilizer*. Meskipun *trim tab* merupakan *secondary flight control*, harus tetap dipastikan *balance*. Cara *balancing tab elevator* adalah dengan metode *jig procedure*, dimana *tab* harus dilepas terlebih dahulu. *Balance* atau tidaknya *tab elevator* ditentukan dari nilai *Tab Assembly Moment (TAM)*. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah **15.22 lbfinch** dan *tab* dikatakan *balance*, karena menurut *Structural Repair Manual (SRM) Boeing 737-800* range maksimal nilai *TAM* adalah **15.48 lbfinch**. Jika pada penelitian didapatkan hasil lebih dari **15.48 lbfinch**, maka *tab* harus dikembalikan ke *paint shop* untuk dilakukan pengelupasan beberapa lapisan catnya agar mengurangi beban *tab* tersebut. Apabila pengurangan beban pada *tab* tidak bisa dilakukan lagi, maka *Tab* tersebut dianggap *reject* (tidak layak) dan harus diganti dengan yang baru.

**Kata Kunci:** *Tab Elevator*, *Flutter*, *Jig Procedure*

## Abstract

*Primary flight control* in aircraft consist of *aileron*, *rudder* and *elevator*, *secondary flight control* consist of *flaps*, *slats*, *spoiler* and *trim tab*. Before aircraft in flight, the primary and secondary flight control must be confirmed in balanced condition. If in unbalanced condition, flutter will occur when aircraft in flight. *Flutter* is an *aeroelasticity* phenomenon, it is a vibration phenomenon that caused aircraft wings "flapping" like a bird. This is because combination from stiffness of the wing structure, aerodynamic, and inertia (weight) from the structure. To avoid the occurrence of flutter, balancing flight control should be done, one of them is *elevator tab*. *Elevator tab* often called *trim tab* in *elevator*. *Trim tab* is attached to *elevator* that located in *horizontal stabilizer*. It must be confirmed in balanced condition even though *elevator tab* is a *secondary flight control*. *Balancing tab elevator* is by *jig method procedure*, which is *tab* must be removed first. Whether the *elevator* is balanced or not are determined by the value of *Tab Assembly Moment (TAM)* which is the result gained from this research is 15.22 lbfinch and the *tab* can be said *balance*, because according to *SRM boeing 737-800* the maximum *TAM* range is 15.48 lbfinch. If the research obtained a result more than 15.48 lbfinch, the *tab* must be returned to *paint shop*, decreasing the load weight from the *tab* by peeling paint coating. If the decreasing load weight from *tab* can't be done, the *tab* is considered "rejected", so it must be replaced with the new one.

**Keywords:** *Tab Elevator*, *Flutter*, *Jig Procedure*

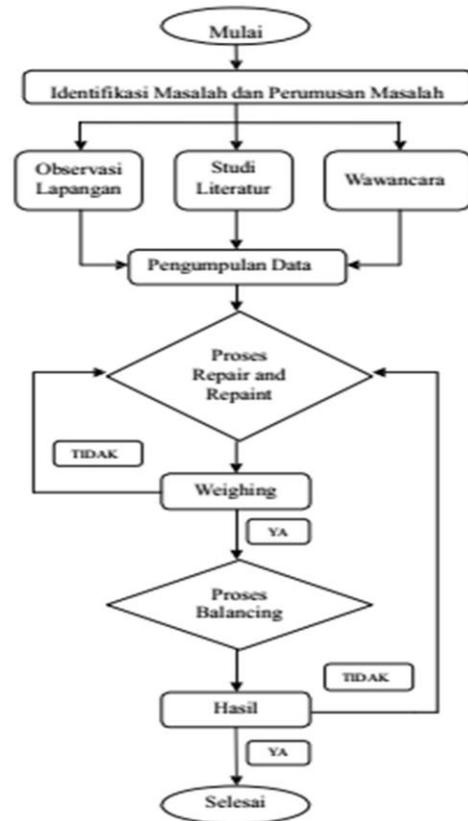
## 1. Pendahuluan

*Aircraft Flight Control System (AFCS)* merupakan suatu sistem yang mengendalikan terbang suatu pesawat dengan menggerakkan *Flight Control Surface (FCS)* sebagai bidang kendalinya. *Flight control surface* pada pesawat mengontrol tiga sumbu ketika terbang, yaitu sumbu *lateral*, sumbu *longitudinal*, dan sumbu *vertical*. Bidang-bidang kontrol ini memandu pesawat udara selama terbang mulai *take off*, *climbing*, *cruising*, *descent* sampai *landing*. *Flight control* dibagi dalam dua kelompok utama yaitu *primary flight control (aileron, rudder dan elevator)* dan *secondary flight control (flaps, slats, spoiler dan trim tab)* [1]. Salah satu perawatan pesawat yang penting untuk dilakukan adalah *balancing flight control*. *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. *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. *Flutter* diakibatkan karena aliran udara berkecepatan tinggi membawa energi yang lebih besar dari batas kemampuan struktur sayap untuk meredam getaran yang di timbulkan aliran tersebut. Pada sayap pesawat terbang, *flutter* dapat terjadi berupa rotasi *airfoil* maupun *bending* sayap, yang mana hal ini sangatlah berbahaya bagi pesawat. Fenomena ini sangat mengganggu kualitas kendali pesawat oleh pilot, bahkan pada kondisi yang ekstrim, hal ini dapat mengakibatkan sayap pesawat patah atau lepas [2]. Berdasarkan praktik yang telah dilakukan di PT. GMF AEROASIA yaitu *balancing tab elevator* maka yang akan dibahas dalam tugas akhir adalah *Balancing Tab Elevator* pada pesawat *Boeing 737-800*. *Tab elevator* sering disebut dengan *trim tab* pada *elevator* yang mana terletak melekat pada *elevator* yang terletak pada *horizontal stabilizer*. Fungsi dari *trim tab elevator* sendiri adalah untuk menyeimbangkan gaya angkat dan gaya hambat yang dihasilkan dari berbagai beban dan kecepatan udara dari atas permukaan sayap. Menurut SRM (*Structural Repair Manual*) pesawat *Boeing 737-800* dan juga hasil wawancara dengan instruktur yang ahli dalam bidang *balancing flight control*, terdapat 2 metode *balancing*, yaitu *jig procedure* dan *calculation 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*, sedangkan *calculation procedure* adalah metode *balancing* dengan perhitungan yang tidak mengharuskan *flight control* dilepas dari pesawat [5]. Namun untuk *balancing tab elevator* hanya bisa menggunakan metode *jig procedure*. Jika tidak melakukan *balancing* sebelum *flight control* dipasang kembali pada pesawat, kemungkinan besar akan terjadi *flutter*. Seperti contoh kasus kecelakaan pesawat *Boeing 737 Japan Airline* tahun 1981 yang mana pada saat itu *tail fin* pesawat itu lepas karena terjadinya *flutter* yang menyebabkan pesawat jatuh dan memakan korban jiwa [3]. Itulah alasan mengapa penulis mengangkat judul “Metode *balancing jig procedure* pada *tab elevator* pesawat *Boeing 737-800* untuk mengurangi dampak *flutter*” yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana proses *balancing tab elevator* yang benar sehingga dapat mengurangi bahkan mencegah terjadinya *flutter* ketika pesawat sedang mengudara.

## 2. Metodologi Penelitian

Diagram alur penelitian:



Gambar 1 Diagram alur penelitian

*Flutter* merupakan masalah yang serius jika terjadi pada pesawat saat mengudara, Seperti contoh kasus kecelakaan pesawat *Boeing 737 Japan Airline* tahun 1981 yang mana pada saat itu *tail fin* pesawat itu lepas karena terjadinya *flutter* yang menyebabkan pesawat jatuh dan memakan korban jiwa. Untuk mengurangi dampak bahkan mencegah *flutter*, diperlukan *balancing flight control*. Salah satunya adalah *balancing tab elevator*. *Balancing tab elevator* menggunakan metode *jig procedure* yang mana harus dilepas dari pesawat terlebih dahulu. Hasil akhir dari *balancing tab elevator* adalah menghitung nilai *Tab Assembly Moment* (TAM) yang mana harus disesuaikan dengan *manual*. Yaitu maksimal sampai **15.48 lbfinch**. Jika berlebih maka *tab* harus dikembalikan ke *shop paint* agar dikurangi berat dari *tab* itu sendiri dengan cara mengelupas lapisan catnya menurut *Structural Repair Manual (SRM) Boeing 737-800*. Syarat dari *jig procedure* adalah :

1. Seluruh bagian yang terlepas harus terlepas.
2. Seluruh bagian yang terpasang harus terpasang.
3. Lantai / tempat untuk meletakkan *tab elevator* harus level.
4. Terlebih dahulu harus *top out finish* (sudah di *repair* dan di *repainting*).

### **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*.

### **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.

5. Lokasi untuk melakukan *jig procedure* harus bebas dari hembusan angin.

Nilai yang akan ditentukan dari proses *balance tab elevator* ini adalah nilai TAM ( *Tab Assembly Moment* ) atau bisa juga dikatakan *balance* tidaknya *tab elevator* ditentukan dari nilai TAM yang akan diperoleh dari proses *balancing* ini.

Cara Perhitungan untuk nilai TAM :

$$\text{TAM} = \text{WR} \times \text{d} \quad (1)$$

Keterangan:

TAM = *Tab Assembly Moment* (lbfinch)  
 WR = *Weight Reaction* (lbf)  
 d = Jarak antara *tab hinge centerline and the trailing edge of the elevator tab* (inch)

Sebelum melakukan proses *balancing* pada *tab elevator* yang harus dilakukan adalah menyiapkan beberapa peralatan yang akan digunakan.

### **Alat – alat yang digunakan :**

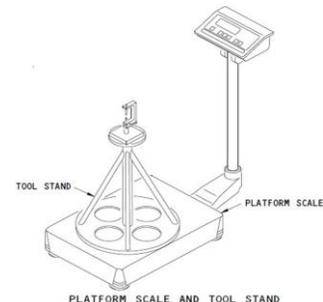
#### 1. *Balance Jig Stand*



**Gambar 2** *Balance Jig Stand*

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

#### 2. *Platform Scale and Tool Stand*



**Gambar 3** *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 4. Weight Reaction Tip

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

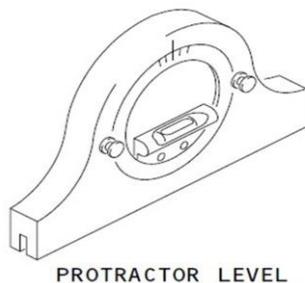
### 4. Hinge Support



Gambar 5 Hinge Support

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

### 5. Protactor Level



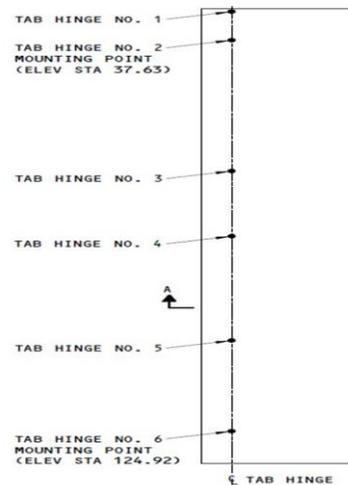
Gambar 6 Protactor Level

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

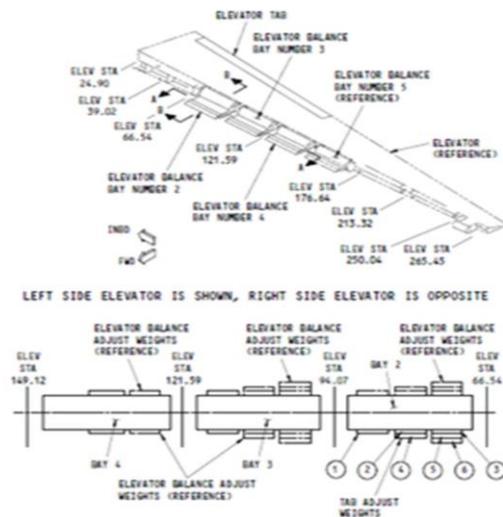
### 3. Analisa dan Pembahasan

Pekerjaan *maintenance* pada pesawat, semuanya harus mengacu pada *manual* yang ada dan *manual* tersebut harus *current* (terbaru). Untuk melakukan pekerjaan *Balancing*, *manual* yang kita gunakan adalah SRM (*Structural Repair Manual*).

Sebelum melakukan *balancing* kita harus tahu terlebih dulu dimana letak *hinge tab elevator* yang akan dikaitkan dengan *jig stand* dan juga mengetahui dimana tempat meletakkan *adjustment weight tab elevator*.

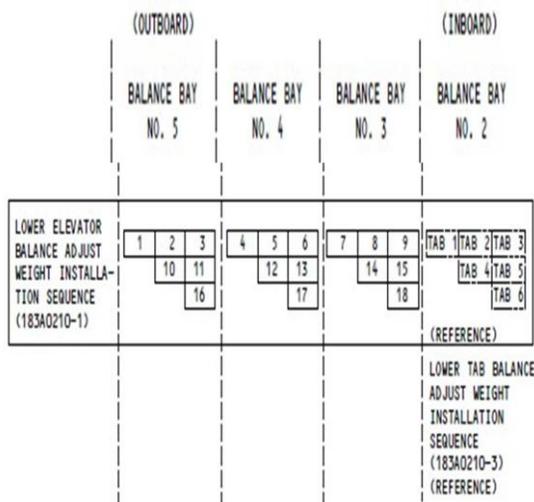


Gambar 7 Konfigurasi pada tab elevator



Gambar 8 Konfigurasi peletakan dari adjustment weight tab elevator

Pada gambar 7, dapat dilihat dimana letak *hinge* (engsel) pada *tab elevator* dimulai dari *hinge* 1 sampai *hinge* ke 6 (dilihat dari *inboard* ke *outboard*). Dan pada gambar 8, dapat dilihat dimana peletakkan *adjustment weight* pada *tab elevator* yaitu pada *lower surface elevator bay* nomor 2. Untuk lebih jelasnya lagi bisa dilihat pada gambar 9 berikut :



**Gambar 9** Konfigurasi *adjustment weight* pada *lower surface elevator*.

Pada gambar 9 dapat dilihat dimana tempat peletakkan *adjustment weight* pada *elevator* dan di *balance bay* nomor 2 adalah tempat peletakkan *adjustment weight tab elevator*.

### Proses *balancing* pada *tab elevator* menggunakan metode *jig Procedure*

Timbang *tab elevator* menggunakan *protactor scale*. Maksimal berat yang didapat untuk dapat melanjutkan ke proses *balancing* selanjutnya adalah **9.00 lb**, jika berlebih maka *tab elevator* harus dikembalikan lagi ke *shop paint* untuk mengelupas beberapa lapisan catnya agar bisa mencapai berat yang sesuai untuk melanjutkan ke proses *balancing*.

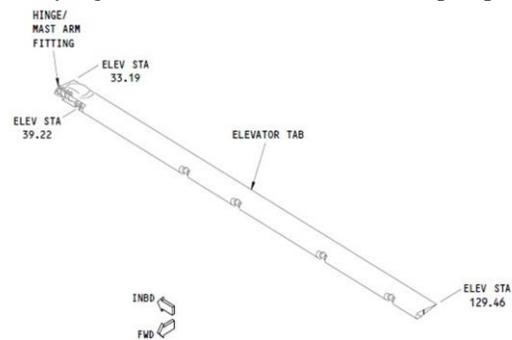
**Tabel 1** Berat *tab elevator* dan penambahan dengan *adjustment weight*.

| ELEVATOR TAB ASSEMBLY TAB ADJUST WEIGHTS 183A8100-5, 183A8100-6 |                                    |
|---|------------------------------------|
| Tab assembly weight in pounds (Kg)                              | Number of adjust weights necessary |
| Less than 8.08 (3.665)  | 2                                  |
| 8.09 to 8.31 (3.669) to (3.769)                                 | 3                                  |
| 8.32 to 8.54 (3.773) to (3.874)                                 | 4                                  |
| 8.55 to 8.77 (3.878) to (3.978)                                 | 5                                  |
| 8.78 to 9.00 (3.983) to (4.082)                                 | 6                                  |

Tabel 1 menjelaskan *range* berat *tab elevator* yang kita dapatkan dari hasil *weighing* dan berapa banyak *adjustment weight* yang harus kita tambahkan.

Dari hasil penimbangan, data yang didapat adalah **8,78 lbf**. Jadi harus dipasang 6 *adjustment weight* di *lower surface balance bay elevator* nomor 2 setelah proses *balancing* selesai. Dan hasil ini merupakan hasil yang dibutuhkan untuk melanjutkan ke proses *balancing* berikutnya.

Sebelum melakukan *balancing* pastikan konfigurasi (*Part* yang harus di *remove* dan masih tetap terpasang).



**Gambar 10** *Tab elevator* yang telah dilepas dari *elevator*

Letakkan *tab elevator* yang sudah di konfigurasi pada *static balance jig* sesuai dengan *manual*, dimana *surface* bagian atas harus diletakkan dibagian atas (tidak terbalik).

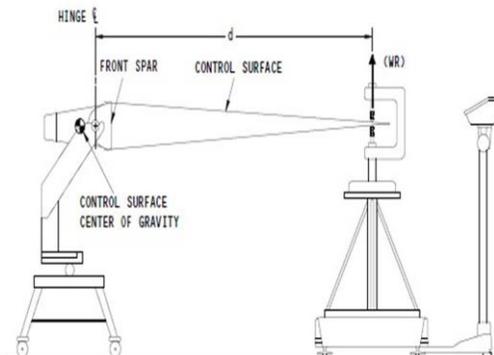


Gambar 11 Letak tab elevator pada static balance jig.

Gunakan tab hinge nomor 1 dan 6, serta hinge nomor 5 sebagai opsional (boleh digunakan boleh tidak), untuk mengaitkan tab pada static balance jig.

Letakkan protractor level diatas tab elevator, untuk menentukan apakah letak tab sudah tepat pada static balance jig. Dimana derajat kemiringan yang tepat sesuai dengan manual adalah sebesar 7,7 derajat dengan toleransi sebesar ±1 derajat.

Gunakan platform scale dan tool stand untuk menghitung besar Weight Reaction (WR), dan letakkan platform scale dan tool stand pada tab Hinge nomor 3.



Gambar 12 Peletakan platform scale dan tool stand ketika proses balancing.

Perlu diketahui, nantinya akan didapatkan nilai WR yang bernilai positif (+), hal ini dikarenakan tab elevator adalah flight control yang bersifat tail heavy atau bagian tail (belakang) lebih berat dibandingkan bagian nose (depan).

Dan nilai WR yang didapat pada praktik adalah  $1.40 \text{ kg} = 3.08 \text{ lbf}$ .  
**Note : 1 kg = 2.2 Lbf.**

Setelah mendapatkan jumlah WR dari hasil menimbang menggunakan platform scale, selanjutnya mencari nilai Tab Assembly Moment (TAM), menggunakan persamaan 1 (**Note** : Nilai d sudah ditentukan oleh manual, jadi tidak perlu dilakukan pengukuran ulang. Setiap tab elevator yang menggunakan SRM 51-61-06 nilai d nya adalah **4.94 inch**).

Perhitungannya :

Diketahui :

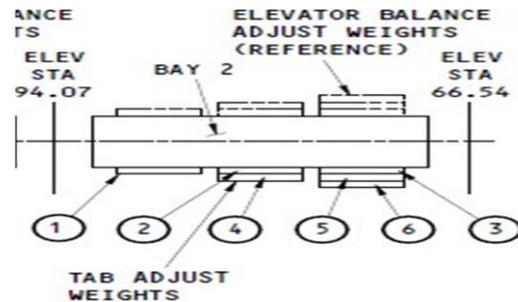
$$\begin{aligned} \text{WR} &= 3.08 \text{ lbf} \quad d = \\ &4.94 \text{ inch} \quad \text{Jadi,} \\ \text{TAM} &= \text{WR} \times d \\ &= 3.08 \text{ lbf} \times 4.94 \text{ inch} \\ &= 15.22 \text{ lbf.inch} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai TAM, maka nilai TAM harus disesuaikan dengan nilai range yang tertera pada manual. Nilai TAM tersebut maksimalnya **15.48 lbf.inch**.

Jika hasil yang di dapatkan berlebih, maka tab harus dikembalikan ke paint shop untuk dilakukan pengelupasan beberapa lapisan catnya agar mengurangi beban tab tersebut. Setelah proses pengurangan beban pada tab selesai, lakukan proses balancing ulang. Apabila pengurangan beban pada tab tidak bisa dilakukan lagi, maka tab tersebut dianggap reject (tidak layak) dan harus diganti dengan yang baru.

Hasil dari perhitungan pada saat praktik, nilai yang di dapat adalah **15.22 lbf.inch** yang mana hasil tersebut belum melewati range yang telah ditentukan. Jadi tab elevator dikatakan telah balance.

Sesuai dengan hasil penimbangan berat tab elevator sebelum proses balancing dilakukan, hasil berat dari tab elevator adalah **8.78 Lbf** maka adjustment yang harus dipasang pada lower surface balance bay elevator nomor 2 adalah 6 buah yang mana konfigurasi nya seperti berikut :



Gambar 13 Konfigurasi tab adjustment weight

Gunakan *bolt* dengan *part number* BACB30LM4H atau NAS6704H dengan panjang 7 inch untuk 1 lapis *adjustment weight*, 11 inch untuk 2 lapis *adjustment weight* dan 13 inch untuk 3 lapis *adjustment weight*. Bisa dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2** Panjang *bolt* yang digunakan untuk *tab adjustment weight*

| ELEVATOR TAB ASSEMBLY TAB ADJUST WEIGHTS ATTACHMENT BOLT GRIP LENGTH |  |
|--|--|
| Number of tab adjust weights in stack-up                             | Attachment bolt BACB30LM4H() or NAS6704H() grip length |
| 3  | 13   |
| 2  | 11   |
| 1  | 7  |
| 0  | 4 (REF)  |

Setelah didapatkan nilai TAM yang diinginkan dan nilainya sudah sesuai dengan *range manual* yang diperbolehkan, maka diwajibkan menulis nilai TAM yang baru di plat yang ada pada *Tab* tersebut.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. *Flutter* dapat dihindari bahkan dicegah dengan cara *balancing flight control*, salah satunya seperti penelitian di atas yaitu *balancing tab elevator*.
2. Metode yang digunakan untuk *balancing tab elevator* adalah *jig procedure*.
3. Nilai *Tab Assembly Moment* (TAM) yang diperoleh dari penelitian diatas adalah **15.22 lbf**. Hasil ini menandakan bahwa *tab* tersebut telah *balance* karena nilai TAM yang didapat masih berada dalam *range* yang ditentukan oleh *Structural Repair Manual* (SRM) *Boeing 737-800*. Batas maksimal nilai TAM yang ditentukan pada SRM adalah **15.48 lbf**.
4. Jumlah *tab adjustment weight* yang harus dipasang adalah 6 buah, karena berat *tab* yang didapat pada penimbangan diawal sebelum proses *balancing* adalah **8,78 lbf**.
5. Jika nilai TAM yang didapat lebih dari **15.48 lbf** maka *tab* harus di *restore* (dikembalikan) ke *paint shop* untuk dilakukan

proses pengurangan beban *tab* dengan cara mengelupas beberapa bagian catnya dan kemudian lakukan *balancing* ulang. Jika pengurangan beban pada *tab* tidak bisa dilakukan lagi, maka *tab* tersebut dianggap *reject* dan harus diganti dengan yang baru.

#### References

- [1] <http://aeroengineering.co.id/2016/01/control-surface-pada-pesawat-terbang/>
- [2] <https://aeroengineering.co.id/2017/02/flutter-aeroelastisitas/>
- [3] <http://beta.nydailynews.com/archives/news/flutter-plane-tail-eyed-crash-article-1.930017>
- [4] <https://www.ican-education.com/berita-event/news/mengenal-flight-control-pesawat-terbang-secara-general>
- [5] Boeing 737-800 *Structural Repair Manual* 51-60-06.
- [6] GMF AEROASIA. 2014. *Module 8 – Aircraft Structure*. Cengkareng : GMF AEROASIA LEARNING SERVICES