

Analisis Beban Struktur Pada Elevator Pesawat ATR 72-600 Pada Kasus *Pitch Disconnect Aircraft Load*

Bismil Rabeta, Mufti Arifin, Miranda Saputra*

Prodi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Suryadarma
Komplek Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta 13610, Indonesia

Corresponding Author : mirandasaputra@rocketmail.com

Abstrak - Horizontal stabilizer berperan untuk menyeimbangkan *lift* yang terjadi pada sayap dengan memanfaatkan defleksi *elevator*. Untuk pesawat ATR 72, sistem *elevator* terbagi menjadi dua bagian, yaitu *elevator* kiri dan kanan. Pada keadaan normalnya, satu gerakan saja dari salah satu *column control* di *cockpit* mampu untuk menggerakkan kedua *elevator* tersebut secara bersamaan karena keduanya saling terhubung. Namun dalam kondisi tertentu, antara sistem *elevator* kiri dengan yang kanan bisa terputus karena kegagalan sistem ataupun *human eror* sehingga menyebabkan aktifnya mekanisme *pitch uncoupling*. Dari kejadian tersebut, maka menimbulkan perbedaan gaya input antara *elevator* kiri dengan yang kanan, tentu hal ini berpengaruh langsung pada beban *horizontal stabilizer* yang sedang beroperasi. Untuk menentukan perbedaan beban yang diterima penulis membuat lima kasus perbedaan kondisi untuk mendapatkan perbedaan yang terjadi. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi dengan menggunakan *solidworks software* didapatkan stress terbesar terdapat pada *hinge* kasus *23 degree deflection elevator* yaitu sebesar $1,400e+008$ N/m², perbedaan stress terbesar pada saat normal *13 degree deflection elevator* dengan *13 degree deflection pitch disconnect elevator* sebesar $1.746e+007$ N/m², perbedaan stress terbesar pada saat normal *23 degree deflection elevator* dengan *23 degree deflection pitch disconnect elevator* sebesar $8,880e+007$ N/m², dan kasus *pitch disconnect* tidak mempengaruhi struktur *horizontal stabilizer* jika masih mengikuti prosedur (*procedures following failures*).

Kata kunci : *Elevator, Pitching, static load, structure load, Mekanisme Pitch Uncoupling dan Pitch Disconnect*

Abstract - Horizontal stabilizer acts to balance the elevator that occurs on the wing by utilizing the elevator deflection. For the ATR 72 aircraft, the elevator system is divided into two parts, namely the left and right elevators. Normaly, one movement of the control columns in the cockpit is able to move both elevators simultaneously as they are connected together. But under certain conditions, between the left and the right elevator system can be disconnected due to system failure or human error causing the active mechanism of pitch uncoupling. From the incident, it causes the difference of input force between left and right elevator, of course it has direct effect on the horizontal load of the stabilizer being operated. To determine the difference in load received, the authors made five different case conditions to get the difference. Based on the results obtained from the simulation using solidworks software obtained the greatest stress found in hinge case *23 degree deflection elevator* that is equal to $1,400e+008$ N/m², biggest difference of stress at normal *13 degree deflection elevator* with *13 degree deflection pitch disconnect elevator* $1,746e+007$ N/m², the largest difference in stress at normal *23 degree deflection elevators* with *23 degree deflection pitch disconnect elevators* of $8.880e+007$ N/m², and the *pitch disconnect* case did not affect the horizontal stabilizer structure if still following the procedures.

Keywords : *Elevator, Pitching, static load, structure load, Pitch Uncoupling Mechanism and Pitch Disconnect*

I. PENDAHULUAN

Pesawat udara merupakan transportasi yang digunakan untuk memindahkan (mengantar) orang atau benda dengan cepat, aman, dan nyaman sehingga suatu pesawat harus memiliki keamanan yang sangat kompleks sehingga seluruh struktur pada pesawat di *design* untuk dapat memenuhi keamanan selama pengoperasian pesawat, berdasarkan *design* pesawat, hal yang perlu di pertimbangkan diantaranya adalah beban struktur, beban aerodinamik, beban *pressure* dan beban inersial serta beban lainnya yang mempengaruhi pesawat terbang selama pengoperasian. Pesawat terbang terjadi pembebanan pada saat melakukan penerbang (*in flight*), di darat (*on the ground*), *take-off*, dan *landing*. Salah satu bagian pesawat yang mendapatkan pembebanan adalah *horizontal stabilizer*, *horizontal stabilizer* berperan untuk menyeimbangkan *lift* yang terjadi pada sayap dengan memanfaatkan defleksi *elevator*.

Pada pesawat ATR 72 sistem *flight control* untuk kendali *elevator* memiliki *elevator* kiri dan *elevator* kanan yang tersambung. Sistem *flight control* menghubungkan antara kendali *hardware* yang berada di *cockpit* dengan *flight control*. Pada kondisi normal, satu gerakan saja dari salah satu *column control* di *cockpit* mampu untuk menginput gaya pada kedua *elevator* tersebut, karena pada dasarnya pesawat ATR 72 memiliki fitur mekanisme *pitch coupling/uncoupling* dimana kedua *elevator* tersebut pergerakannya dapat selalu searah dan bersamaan (*connect*). Sistem pada ATR 72 juga dapat memutus sambungan antara kedua *elevator* (*pitch disconnect*) kemudian melakukan *blocking* pada salah satunya, jadi hanya satu bagian saja dari *elevator* yang berfungsi saat penerbangan. Kejadian tersebut bisa terjadi karena beberapa hal, misalnya *jamming* atau *human error*.

Insiden pesawat ATR 72-600 milik maskapai *Virgin Australia* yang mengalami *pitch disconnect* saat terbang pada 20 *February* 2014. Hasil investigasi *Australian Transport Safety Bureau* (ATSB) menulis bahwa faktor utama yang

menyebabkan *pitch disconnect* ialah karena kedua awak pesawat melakukan gerakan secara bersamaan dengan arah input *column control*nya berlawanan. Keadaan tersebut terjadi saat pesawat itu mendekati batas kecepatan maksimum yang diizinkan yang mengakibatkan defleksi *elevator* asimetris mengakibatkan besarnya beban aerodinamis asimetris yang dihasilkan pada *horizontal stabilizer*. Beban yang dihasilkan pada saat mekanisme *pitch uncoupling* terjadi disekitar 750 N pada salah satu bagian *horizontal stabilizer*, yang seharusnya diterima oleh masing-masing *horizontal stabilizer* disekitar 500 N sampai 550 N. Beban yang melebihi persyaratan kekuatan desain untuk struktur *horizontal stabilizer*, mengakibatkan kerusakan pada *horizontal stabilizer*.^[1]

Insiden tersebut mendorong penulis untuk mengetahui lebih dalam tentang beban *horizontal stabilizer* pada saat *pitch disconnect* yang terjadi pada pesawat ATR 72, dengan melakukan analisis software *finite element* pada *horizontal stabilizer* pesawat ATR 72 yang sedang mengalami *pitch disconnect*.

II. METODE PENELITIAN

Pesawat yang digunakan adalah pesawat ATR 72-600, analisis dilakukan pada bagian *horizontal satabilizer* untuk menentukan besar beban yang diterima dengan menggunakan software *finite element* yaitu *SolidWork software*. Inputan data ke *SolidWork* berdasarkan spesifikasi *horizontal stabilizer* pesawat ATR 72-600 yang tertara pada Tabel 2.1.

Proses simulasi memerlukan dua tahapan yaitu *flow simulation* dan *stress simulators*. *Flow simulation* digunakan untuk mencari besar gaya yang diterima oleh masing-masing kasus, selanjutnya hasil gaya tersebut digunakan untuk proses perhitungan di *stress simulation*. Hasil *stress simulation* berupa gambar dan data, kemudian menganalisis *stress* yang terjadi dari hasil tersebut.

Tabel 2.1 Spesifikasi *horizontal stabilizer* ATR 72-600^[4]

Spesifikasi	Ukuran
NACA horizontal stabilizer (NACA 0009)	-
NACA vertical stabilizer (NACA 0012)	-
Dihedral horizontal stabilizer	80°
Dihedral vertical stabilizer	0°
Sweep horizontal stabilizer	8°
Sweep vertical stabilizer	25°
Reference chord LH	1,636 m
Span horizontal stabilizer	7,31 m

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Akan dibuat lima kasus kejadian berdasarkan defleksi *elevator*, kasus pertama dengan defleksi *elevator* 0°, kasus kedua dengan defleksi *elevator* 23° ini merupakan defleksi maksimal *upward elevator*, kasus ketiga dengan defleksi *elevator* 13° ini merupakan defleksi maksimal *downward elevator*, kasus keempat dengan kejadian *pitch disconnect* 23° defleksi *upward* salah satu *elevator*, sedangkan *elevator* yang satunya berdefleksi 0°, kasus kelima dengan *pitch disconnect* 13° defleksi *downward* salah satu *elevator*, sedangkan *elevator* yang satunya berdefleksi 0°.

3.1 Flow simulation

Flow simulation akan memudahkan dalam perhitungan untuk mengetahui distribusi tekanan yang diterima oleh horizontal stabilizer berdasarkan aliran fluida yang berada pada *boundary condition*. Simulasi dilakukan pada tinggi jelajah pesawat 17000 feet, tekanan statik pada ketinggian 17000 feet adalah 52700 Pa dan suhu *atmosfer* pada ketinggian

17000 feet adalah 254.45 °K. Menggunakan dua kondisi yang berbeda pada saat *stuck to full down position* maka IAS yang digunakan 79.224444 m/s sedangkan kondisi satunya lagi pada saat *other condition* maka IAS yang digunakan 92.6 m/s.

Untuk kasus defleksi *elevator* 13° normal dengan 13° terjadi *pitch disconnect* diasumsikan terjadi pada saat *stuck to full down position* dan untuk defleksi *elevator* 0°, 13° normal dengan 13° terjadi *pitch disconnect* diasumsikan terjadi pada saat *other condition*.

3.1.1 Goal plot

Hasil perhitungan *flow simulation* didapat dengan menggunakan *global goal* pada menu *goal plot*.

Tabel 3.1 Goal plots zero degree deflection *elevator* (180KT)

Goal Name	Unit	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Max Velocity (Z) 1	[m/s]	114,7756171	114,7402322	114,8079581
GG Force (Z) 1	[N]	507,1923011	506,0417095	508,3835718

Tabel 3.2 Goal plots 13 degree deflection *elevator* (154KT)

Goal Name	Unit	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Max Velocity (Z) 1	[m/s]	104,135229	104,1148204	104,1510928
GG Force (Z) 1	[N]	1205,914467	1205,424118	1206,517724

Tabel 3.3 Goal plots 23 degree deflection *elevator* (180KT)

Goal Name	Unit	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Max Velocity (Z) 1	[m/s]	135,3778981	135,3356743	135,4212685
GG Force (Z) 1	[N]	2703,93125	2701,840823	2705,266527

Tabel 3.4 Goal plots 13 degree deflection elevator pitch disconnect elevator (154KT)

Goal Name	Unit	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Max Velocity (Z) 1	[m/s]	101,03477 47	101,00755 6	101,06321 55
GG Force (Z) 1	[N]	784,36780 57	783,88352 19	784,77066 53

Tabel 3.5 Goal plots 23 degree deflection elevator pitch disconnect elevator (180 KT)

Goal Name	Unit	Average d Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Max Velocity (Z) 1	[m/s]	119,6661 061	119,4543 156	119,882 5478
GG Force (Z) 1	[N]	1598,699 761	1598,224 621	1599,55 4591

Hasil dari goal plots pada semua kasus, gaya (force) terbesar hasil dari proses flow simulation terdapat pada kasus 23 degree deflection elevator, gaya (force) terkecil hasil dari proses flow simulation terdapat pada kasus 0 degree deflection elevator, perbandingan antara terjadinya pitch disconnect dengan tidak terjadinya pitch disconnect gaya yang dihasilkan lebih besar pada saat tidak terjadi pitch disconnect atau dalam kondisi normal. Perbedaan force yang terjadi sangat signifikan dapat dihitung dalam presentase perbedaan sebagai berikut:

Dianggap pada saat tidak terjadi pitch disconnect presentase nya 100%.

$$100 \times \frac{2705,266527}{2705,266527} = 100\%$$

$$100 \times \frac{1599,554591}{2705,266527} = 59,12743069\%$$

$$100 \times \frac{1206,517724}{1206,517724} = 100\%$$

$$100 \times \frac{784,7706653}{1206,517724} = 65,04427159\%$$

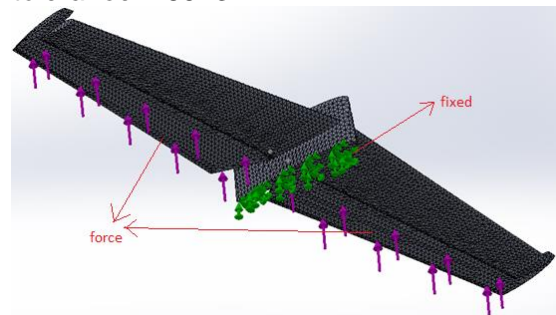
Jadi perbedaannya 100-59.12743069 = 40.87256931% untuk 23 degree deflection elevator dengan 23 degree deflection pitch disconnect elevator dan 100-65.04427159 = 34,955772841% untuk 13 degree deflection elevator dengan 13 degree deflection pitch disconnect elevator.

3.2 Stress simulation

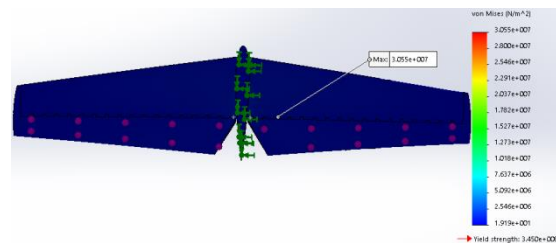
Stress simulation merupakan bentuk simulasi benda/material dari pengaruh gaya-gaya yang bekerja pada benda/material. Stress simulation dapat menentukan besarnya distribusi stress, strain, dan displacement pada benda/material yang diuji. Berdasarkan hasil dari gaya yang dihasilkan pada proses flow trajectories dapat digunakan untuk perhitungan stress simulation. Marerial yang digunakan pada horizontal stabilizer dan elevator adalah 2024 T3.

3.2.1 Kasus berdasarkan deflection elevator normal dan pitch disconnect

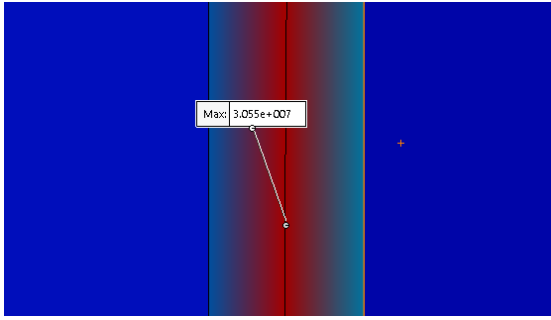
Hasil gaya (force terhadap sumbu z pada solidworks software atau arah longitudinal pesawat) yang didapat dari hasil proses flow simulation yaitu pada Tabel 3.1, Tabel 3.2, Tabel 3.3, Tabel 3.4, dan Tabel 3.5. Force tersebut akan digunakan untuk proses permodelan stress simulation. Meshing yang digunakan tipe standard mesh dengan global size 53.82682411 mm dan tolerance 2.69134121 mm.



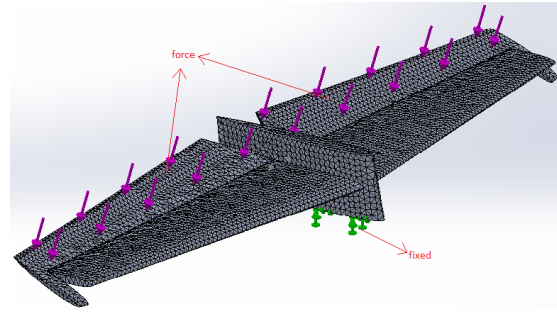
Gambar 3.1 Mesh model 13 degree deflection elevator elevator with force and fixed part



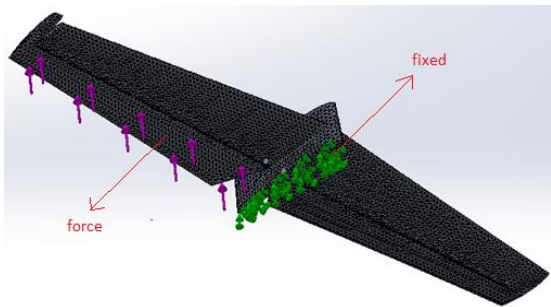
Gambar 3.2 Stress model 13 degree deflection



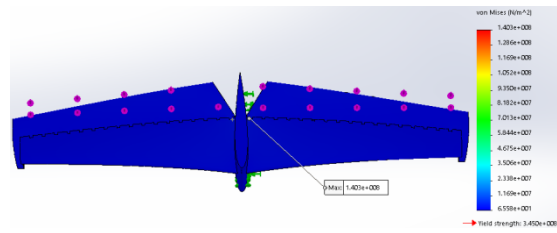
Gambar 3.3 Titik point stress model 13 degree deflection elevator



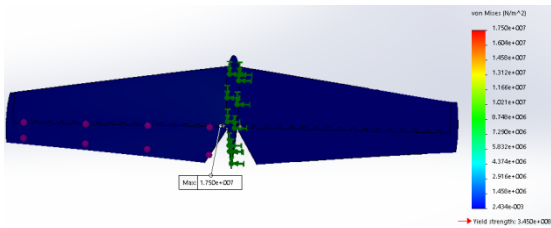
Gambar 3.7 Mesh model 23 degree deflection elevator with force and fixed part



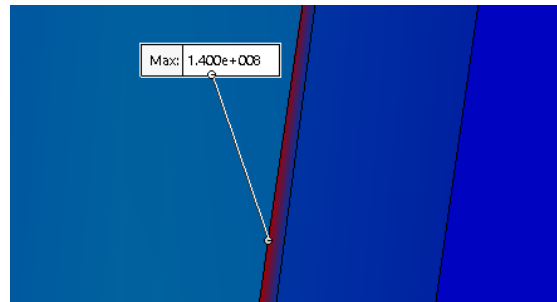
Gambar 3.4 Mesh model 13 degree deflection pitch disconnect elevator with force and fixed part



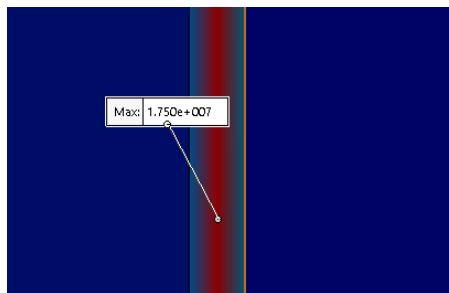
Gambar 3.8 Stress model 23 degree deflection elevator



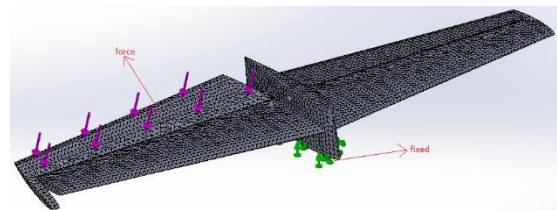
Gambar 3.5 Stress model 13 degree deflection pitch disconnect elevator



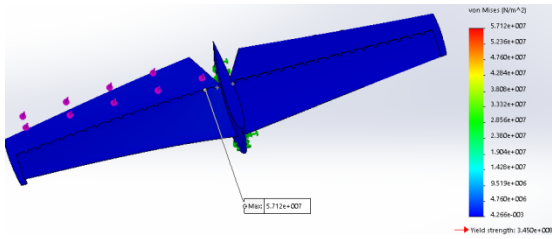
Gambar 3.9 Titik point stress model 23 degree deflection elevator



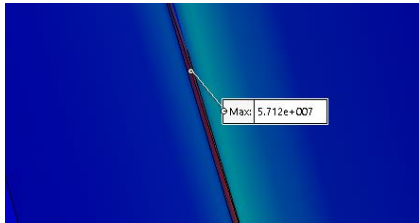
Gambar 3.6 Titik point stress model 13 degree deflection pitch disconnect elevator



Gambar 3.10 Mesh model 23 degree deflection pitch disconnect elevator with force and fixed part



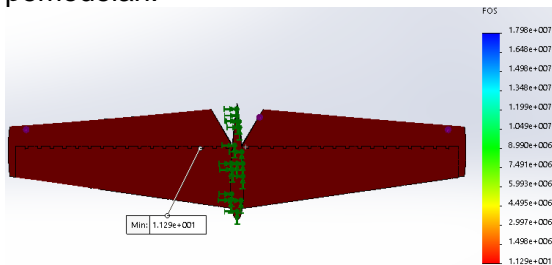
Gambar 3.11 Stress model 23 degree deflection pitch disconnect elevator



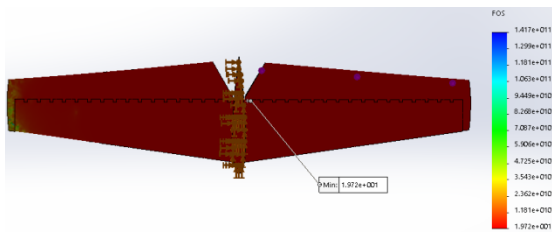
Gambar 3.12 Titik point stress model 23 degree deflection pitch disconnect elevator

3.2.2 Safety factor

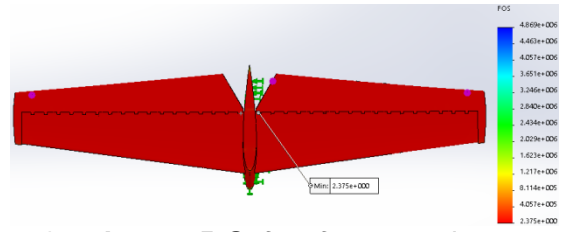
Untuk menentukan keamanan suatu struktur dapat diukur melalui *safety factor* yang dihasilkan dari perbandingan tegangan ijin material dengan tegangan yang terjadi, struktur dinyatakan aman apabila angka keamanannya di atas satu (*safety factor* lebih besar dari 1). Berdasarkan **Gambar 3.13**, **Gambar 3.14**, **Gambar 3.15** dan **Gambar 3.16** menunjukkan *safety factor* dari pemodelan.



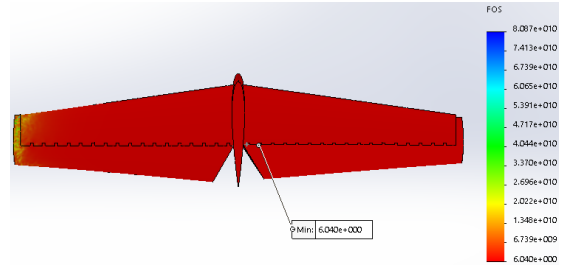
Gambar 3.13 Safety factor 13 degree deflection elevator



Gambar 3.14 Safety factor 13 degree deflection pitch disconnect elevator



Gambar 3.15 Safety factor 23 degree deflection elevator



Gambar 3.16 Safety factor 23 degree deflection pitch disconnect elevator

Tabel 3.6 Hasil simulasi *safety factor*

Goal Name	Unit	Minimum Value	Maximum Value
13 degree deflection elevator	-	1,129e+001	1,798e+007
13 degree deflection pitch disconnect elevator	-	1,972e+001	1,417e+011
23 degree deflection elevator	-	2,375e+000	4,869e+006
23 degree deflection pitch disconnect elevator	-	6,040e+000	8,087e+010

Dari hasil simulasi *safety factor* tidak ada kerusakan pada material dikarenakan hasilnya melebihi angka satu. *Stress max* yang terjadi pada material akibat beban yang diterima berbanding terbalik dengan hasil dari *safety factor*.

IV. KESIMPULAN

Stress terbesar terdapat pada kasus 23 *degree deflection elevator* yaitu sebesar $1,400e+008$ N/m². Perbedaan stress terbesar pada saat normal 13 *degree deflection elevator* dengan 13 *degree deflection pitch disconnect elevator* sebesar $1.746e+007$ N/m². Perbedaan stress terbesar pada saat normal 23 *degree deflection elevator* dengan 23 *degree deflection pitch disconnect elevator* sebesar $8,880e+007$ N/m². *Pitch disconnect* tidak mempengaruhi struktur jika masih mengikuti prosedur (*procedures following failures*).

DAFTAR PUSTAKA

- (1) ATSB Transport Safety Report. 2016, *In-flight pitch disconnect involving ATR 72 aircraft, VH-FVR*, Australian Transport Safety Bureau.
- (2) FAA, 2016, *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge*, Flight Standards Service, U.S. Department of Transportation, FFA-H-8083-25B.
- (3) ATR 72, 2012, *Procedures Following Failures*, Aircraft flight manual, Page:5A 600, EASA
- (4) Nita, M.F. 2008, *Aircraft Design Studies Based on the ATR 72*, Recent Research and Design Progress in Aeronautical Engineering and its Influence on Education, Brno University of Technology, Brno.