
Analisis Tegangan Struktur Alat Bantu Pengujian Aileron Pesawat Terbang Komersil

Tito Shantika^[1], Usep Ali^[2], Adhi zimetra P^[1]
tshantika@itenas.ac.id

Abstract

Pengujian sistem mekanik pada pesawat terbang sebelum terbang (gounded test) diperlukan untuk memastikan mekanisme kendali dari pesawat bekerja dengan baik. salah satu pengujian sistem kendali pesawat yaitu uji statik mekanisme aileron pada pesawat komersial tipe Y di PT.X. Proses pengujian tersebut diperlukan suatu Alat uji bantu untuk mendukung dalam prose pengujian. Alat bantu uji pada aileron pesawat diperlukan suatu analisis kekuatan pada struktur, sehingga dengan analisis tersebut diketahui kekuatan sehingga alat bantu uji tersebut aman digunakan. Dalam analisis tegangan akan dilakukan dengan pendekatan secara teoritik dan dengan menggunakan perangkat lunak CATIA P3 V5. Analisis dengan perangkat lunak akan dilakukan dengan beberapa jumlah elemen dan node yang akan disimulasikan, sehingga didapatkan perbandingan hasil tegangan dari beberapa pendekatan tersebut. Hasil perhitungan pendekatan teoritik didapatkan besar tegangan 137 MPa dengan safety factor sebesar 2,6. Sedangkan dari hasil simulasi didapatkan tegangan terjadi yang paling besar yaitu 41,5 MPa dengan safety factor sebesar 8.6.

Key words : analisis tegangan, alat uji aileron, pengujian pesawat

1. Pendahuluan

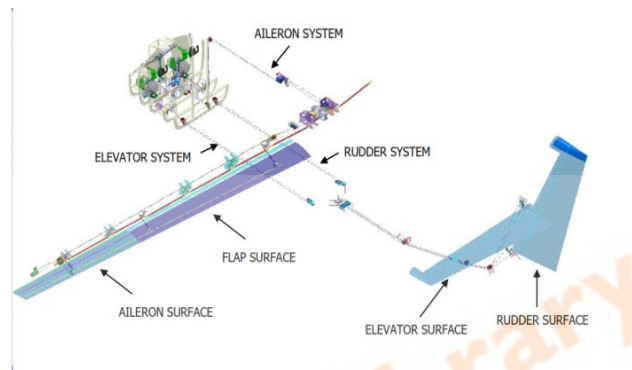
Proses pengujian pada pesawat terbang harus dilakukan sebelum suatu pengujian tersebut lulus dalam tahapan uji. Salah satu pengujian yaitu pengujian pada mekanisme kendali pesawat yang harus diuji sistem mekanik pada pesawat tersebut. Pengujian sistem kendali meliputi sistem gerak yang terdapat pada sayap pesawat salah satunya mekanisme gerak aileron. Pada pengujian aileron pesawat diperlukan suatu alat beban uji dimana gerak aileron diuji kemampuannya menerima beban sebesar 200 kg. Beban tersebut diperoleh dari beban maksimum yang telah ditentukan dari perhitungan analisis dari penelitian lainnya. Dalam proses pengujian tersebut diperlukan perancangan suatu struktur alat pengujian terlebih dahulu. Sehingga penelitian akan membahas mengenai analisis tegangan struktur alat bantu pengujian aileron untuk pesawat Komersil yang terdapat pada perusahaan X dengan menggunakan perangkat lunak *catia P3 V5 R6 2015*. Dalam perancangan akan mempunyai beberapa batasan yaitu Beban pada struktur sebesar 100 kg, material yang digunakan EN1029:S355J2H *square hollow* 50mm x 50mm dengan tegangan ijinnya 355 Mpa, tinggi alat bantu yang digunakan mempunyai tinggi 3000mm dan panjang 2800 mm.

Alat bantu uji ini direncanakan mempunyai safety factor minimal 2, hal tersebut sudah cukup memadai untuk pembebanan statik. Vinoth Kumar et al (2015) mendesain rangka pesawat dengan menggunakan perangkat lunak *Nastran/Patran* menghasilkan safety factor sebesar 1.76 ^[1], nilai tersebut telah cukup untuk mendapatkan jaminan kekuatan pada pesawat, sehingga jika alat bantu uji ini dirancang dengan safety factor sebesar lebih dari 2 maka dinilai sudah cukup baik.

Mekanisme aileron pada pesawat

Sistem kontrol Aileron adalah untuk memberikan lateral (roll) kontrol dari pesawat pesawat yang mengontrol gerakan pada sumbu longitudinal. Sistem kontrol aileron didesain untuk kabel dekat loop dan dapat dioperasikan dari kiri atau kanan kemudi. Operasi maksimum kontrol aileron defleksi

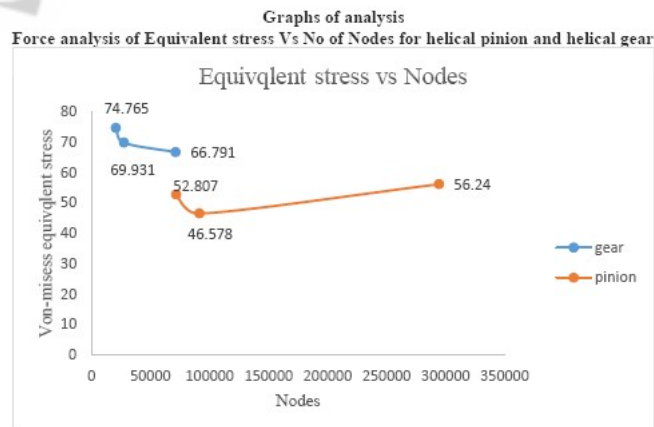
permukaan sebesar ± 20 derajat. Jika seorang pilot ingin melakukan roll atau bank atau berguling kekanan, maka yang dilakukan oleh pilot adalah: menggerakkan stick control atau tuas kemudi ke arah kanan, sehingga secara mekanik akan terjadi suatu pergerakan di mana aileron sebelah kanan akan bergerak naik dan aileron kiri bergerak turun. Pada wing kanan dimana aileron up akan terjadi pengurangan lift (gaya angkat) hal ini dikarenakan aileron yang naik menyebabkan kecepatan aliran udara di permukaan atas wing berkurang (karena idealnya aliran udara di atas airfoil lebih cepat daripada di permukaan bawah, sehingga timbul Lift) sehingga sayap kanan kehilangan lift (gaya angkatnya) yang menyebabkan wing kanan turun. Sedangkan pada wing sebelah kiri, aileron yang turun menyebabkan tekanan udara terakumulasi dan mengakibatkan wing kiri naik. Begitu juga sebaliknya jika pilot menginginkan pesawatnya melakukan roll ke sebelah kiri.^[4]



Gambar 1. Layout sistem kendali pesawat terbang^[4]

Analisis menggunakan Finite Element Methode (FEA)

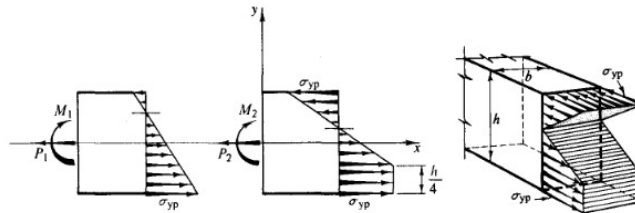
Penggunaan perangkat lunak telah banyak digunakan untuk beberapa aplikasi di bidang teknik mesin. Salah satu penelitian yang telah dilakukan yaitu simulasi dengan Finite Element Methode pada roda gigi. Chetan (2016) melakukan studi mengenai roda gigi helikal menggunakan perangkat lunak FEA mendapatkan bahwa tegangan akan mengalami penurunan terhadap jumlah elemen kemudian akan tegangan akan naik secara bertahap^[5], seperti pada gambar dibawah.



Gambar 1. Hasil simulasi FEA pada Gear dan pinion ^[5]

Tegangan pada struktur

Jika ditinjau suatu segmen balok yang dihadapkan pada suatu momen lentur positif M pada irisan $x-x$ seperti pada Gambar dibawah, momen ini mendapatkan perlawanan dari tegangan yang berubah secara linier terhadap sumbu netral. Tegangan tertinggi terjadi pada titik yang paling jauh dari sumbu netral. Tegangan ini adalah tegangan normal maksimum σ_{maks} .



Gambar 2.16 Balok dengan Lenturan Murni^[3]

Tegangan normal yang terjadi pada penampang akan terjadi tegangan normal maksimum pada jarak terjauh dari sumbu netral. Pada setiap irisan tegangan normal bertindak menghasilkan sebuah kopel yang sama dengan reaksi dengan momen lentur yang terjadi. sehingga persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\sigma_{maks} = \frac{M \cdot c}{I} \quad (1)$$

Keterangan:

- σ_{maks} = Tegangan maksimum yang terjadi (N/m^2)
- M = Momen lentur maksimum yang terjadi ($N.m$)
- c = Jarak terjauh dari titik pusat irisan benda/tegangan maksimum (m)
- I = Inersia penampang (m^4)

Safety of Factor

Safety of factor atau faktor keamanan merupakan faktor yang diberikan kepada suatu desain konstruksi sebagai jaminan dalam proses desain. Faktor keamanan diberikan harus lebih besar dari 1 (satu). Faktor keamanan merupakan nilai yang didapatkan dari perbandingan dari tegangan Luluh (yeald Strength) suatu material dengan tegangan yang terjadi (Actual Strength) pada suatu konstruksi tersebut.

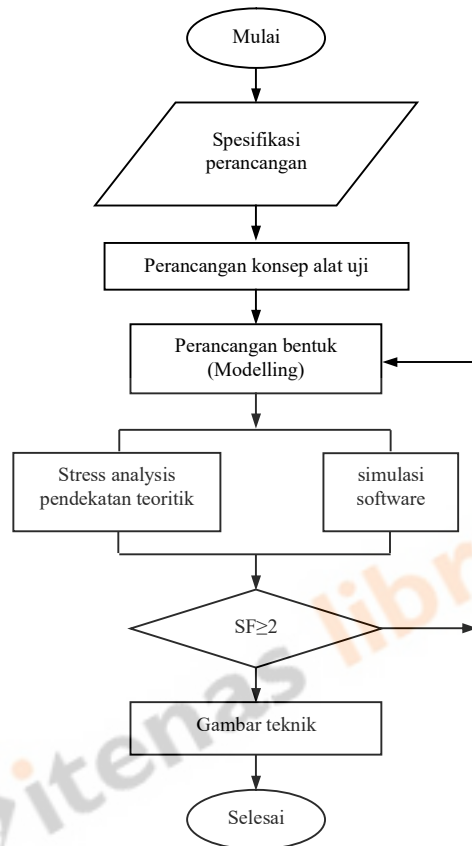
$$\text{Factor of Safety} = \frac{\text{Yield Strength } (\sigma_y)}{\text{Actual Strength } (\sigma_{actual})} \quad (2)$$

Faktor kewanan diberikan kepada suatu desain bianya berdasarkan jenis pembebanan ^[2] yaitu Pembebanan Statis : 1.25 – 2 , Pembebanan Dinamis : 2 – 3 dan Pembebanan Kejut : 3 – 5 .

2. Metodologi

Pada analisis tegangan pada alat bantu pengujian aileron diperlukan spesifikasi perancangan yang menghasilkan suatu struktur yang sesuai dengan layout pesawat dan RIG berdasarkan kepada batasan ukuran dimensi alat uji dan material yang digunakan. Kemudian dilakukan perancangan konsep yang sesuai dengan kondisi rill pada saat pengujian akan dilakukan, sehingga didapatkan model yang memperlihatkan bentuk maupun posisi alat uji tersebut. Setelah dilakukan pemodelan kemudian dilakukan analisis tegangan dengan pendekatan teoritik dan menggunakan perangkat lunak. Dalam simulasi perangkat lunak akan dilakukan beberapa simulai dengan kondisi dimana jumlah elemen dan node yang berbeda. Hasil analisis dengan teoritik dan simulasi harapan mendapatkan safety factor

lebih dari 2 sehingga struktur dapat dianggap aman untuk proses pengujian. Tahap selanjutnya membuat gambar teknik untuk dapat dipabrikasi.



3. Hasil dan Pembahasan Spesifikasi perancangan

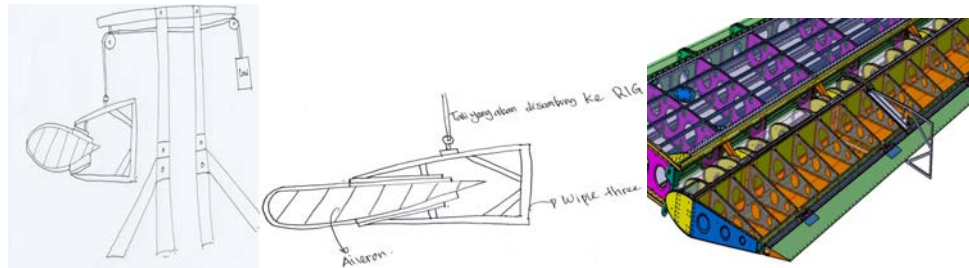
Perancangan struktur alat uji aileron terdapat beberapa batasan perancangan meliputi Beban pada struktur sebesar 200 kg, dimana pengujian akan dilakukan pada beban 100kg, material yang digunakan EN1029:S355J2H *square hollow* 50mm x 50mm dengan tegangan ijinnya 355 Mpa yang telah tersedia dibengkel pabrikan. Struktur alat uji harus memenuhi beberapa kriteria yaitu safety factor harus lebih besar dari 2 serta dimensi harus disesuaikan dengan dimensi RIG base dan ketinggian maupun posisi aileron pesawat. Dimensi RIG Base mempunyai dimensi yaitu 2100x1200x900 mm (panjangx lebar x tinggi), dimana tinggi keseluruhan alat uji dirancang sebesar 3000 mm seperti pada gambar dibawah.



Gambar 1. RIG Base

Desain Konsep pengujian alat bantu pengujian

Konsep alat uji Aileron Surface akan dipasang wiple three atau sejenis tali yang akan membantu untuk mengaitkan beban pada Aileron Surface dan wiple three juga berguna untuk mengakumulasi beban terdistribusi menjadi beban terpusat pada aileron surface.



Gambar 2. Konsep Alat Uji Aileron

Pemodelan 3D

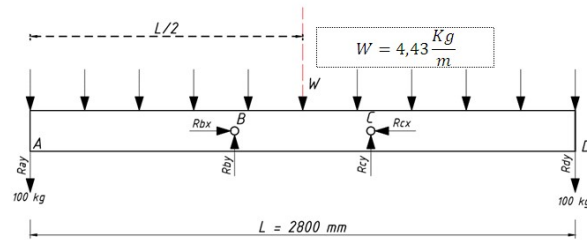
Setelah perancangan konsep alat uji aileron peawat kemudian dimodelkan menggunakan perangkat lunak CATIA. Struktur alat uji ini terdiri dari gilder atau batang beban sepanjang 2800 mm, kemudian ditopang oleh batang utama setinggi 900 mm, dimana struktur tersebut akan dipasang pada RIG Base dengan menggunakan sambungan baut seperti terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 3. Model Struktur alat Uji Aileron

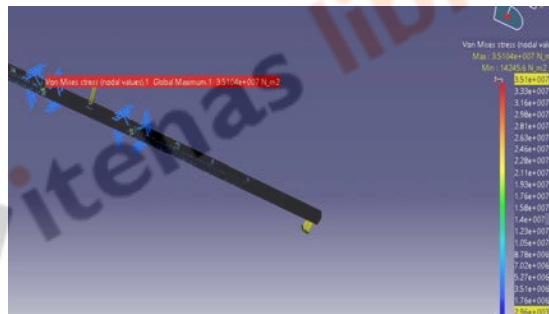
Stress Analisis

Modelling 3D yang telah dilakukan sebelumnya kemudian disimulasikan dengan menggunakan pendekatan teori dan menggunakan perangkat lunak CATIA V5 R6. Analisis tegangan harus menentukan parameter constrain/tumpuan, dan beban yang akan diberikan pada struktur rangka tersebut. Tumpuan pada gilder berada pada sambungan baut dengan rangka vertikal, sedangkan beban bekerja pada ujung gilder yang terdapat sambungan baut dari katrol. Semua tumpuan merupakan tumpuan engsel dimana gilder disambungkan dengan baut yang dapat berputar terhadap tumpuan tersebut seperti pada diagram benda bebas pada gambar 4. Beban yang diberikan pada ujung masing-masing sebesar 200 kg. Dari hasil perhitungan dengan pendekatan teoritik didapatkan tegangan yang terjadi sebesar 137 MPa dan safety factor sebesar 2,6.



Gambar 4. Diagram benda beban Gilder Alat Uji Aileron

Dari hasil modeling kemudian struktur dilakukan meshing untuk selanjutnya dilakukan analisis tegangan. Meshing Analisis tegangan dengan menggunakan perangkat lunak dilakukan untuk beberapa jumlah elemen dan node yang berbeda yaitu jumlah elemen 887,460, 1,335,770 dan 2,171,666 sehingga didapatkan tegangan terjadi dan safety factor seperti pada tabel 1. Pada tabel 1. Dapat dilihat bahwa tegangan von mises yang paling tinggi jika jumlah elemennya 1,335,770 yaitu 41,5 MPa sehingga safety factor terendahnya sebesar 8,6. Perbedaan safety factor dari hasil simulasi dan pendekatan secara teoritik sangat berbeda jauh hal tersebut diakibatkan pada perhitungan secara teoritik terdapat beberapa penyederhanaan sistem seperti ukuran kolom dianggap merata sehingga terjadi perbedaan konsentrasi tegangan pada gilder tersebut. Hal tersebut hampir sama halnya dengan penelitian (Chetan 2016) mengenai studi roda gigi helikal menggunakan FEA Software, dimana tegangan akan mengalami penurunan terhadap jumlah elemen kemudian akan tegangan akan naik secara bertahap.



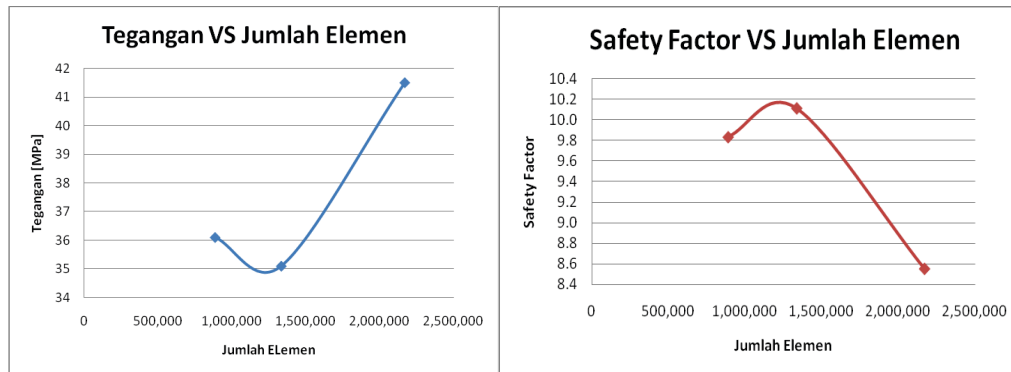
Gambar 5. Analisis Tegangan Struktur alat Uji Aileron

Pada grafik 6 dapat terlihat kecenderungan tegangan akan bertambah besar dengan bertambahnya jumlah elemen pada meshing struktur gilder, hal tersebut memperlihatkan adanya peningkatan sensitifitas pada beberapa permukaan yang dikenai beban pada struktur tersebut, sehingga semakin besar elemen akan memberikan ketelitian perhitungan yang lebih baik.

Tabel 1. Tegangan dan safety faktor pada setiap Jumlah Elemen

Elements	Nodes	Stress (MPa)	SF
887,460	216,878	36.1	9.8
1,335,770	318,874	35.1	10.1
2,171,666	516,762	41.5	8.6

Namun pada jumlah elemen 1,335,770 hasil analisis tegangan cenderung lebih kecil hal tersebut diindikasikan bahwa pada proses meshing beberapa elemen sedikit menghitung lokasi yang mengalami tegangan yang terkonsentrasi sehingga menyebabkan beberapa elemen dengan lokasi yang tersebut tidak terakumulasi tegangannya.



Gambar 6. a) Grafik tegangan vs Jumlah Elemen, b) Grafik SF vs Jumlah Elemen

4. Kesimpulan

Material struktur alat uji bantu aileron yang digunakan EN1029:S355J2H square hollow 50mm x 50mm dengan tegangan ijinnya 355 MPa dengan dimensi 2800x100x900 mm. Hasil perhitungan pendekatan teoritik didapatkan besar tegangan 137 MPa dengan safety factor sebesar 2,6. Sedangkan dari hasil simulasi didapatkan tegangan yang terjadi yang paling besar yaitu 41,5 MPa dengan safety factor sebesar 8.6.

itenas libral