

Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>**METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal**

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Analisis Geometris Sistem Kendali Elevator Pesawat Udara N219Lenny Iryani^{a*}, Arie S. Ramadhan^b^a Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia^b Univeristas Nurtanio, Bandung, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 23 Maret 2021

Revisi Akhir: 25 September 2021

Diterbitkan Online: 21 Oktober 2021

KATA KUNCI

Flight control

Elevator

Geometris

Margin of safety

KORESPONDENSI

E-mail: lenny.iryani@polban.ac.id**A B S T R A C T**

Flight control of elevator are used to control the attitude of the aircraft in pitching configuration. The system of this flight control are controlled by the force given by a pilot so that the aircraft will move to the desired pitch condition. In this research the force that should be inputted by a pilot easily and smooth are analyze. The study of this analysis was using N219 airplane designed by PT. Dirgantara Indonesia. The preliminary design of the force that should be inputted by a pilot are in 495 kN.mm. The result of the study are shown that the length of the arm in the elevator system give Margin of Safety in a range of 3-4.

1. PENDAHULUAN

Pesawat terbang N219 merupakan salah satu pesawat rancangan PT. Dirgantara Indonesia (PT. DI). Pesawat terbang ini dirancang untuk dapat mengangkut 19 penumpang dengan desain penampang kabin terbesar di kelasnya. Jenis mesin pesawat (*engine*) yang digunakan pada pesawat terbang N219 ini adalah menggunakan mesin jenis turboprop. Jenis roda pendarat (*landing gear*) pesawat terbang ini yaitu menggunakan jenis *fixed tricycle*. Pesawat terbang N219 ini akan menjadi moda transportasi yang paling cocok untuk menjangkau daerah-daerah terpencil, sehingga diharapkan pertumbuhan ekonomi masyarakat Indonesia dapat terbangun secara merata di seluruh kawasan Indonesia. Selain itu pesawat terbang N219 juga dirancang agar dapat digunakan sebagai pesawat patroli sehingga pertahanan dan keamanan

negara serta kedaulatan wilayah Indonesia tetap terjaga utuh.

Guna memberikan performa yang baik dan bermanuver dengan tepat serta mudah, diperlukan suatu sistem bidang kendali yang dapat mengatur semua gerak/maneuver pesawat tersebut dengan baik dan tepat. Bidang kendali utama yang ada di pesawat terbang dibagi menjadi dua bagian, yaitu *primary flight control surfaces* dan *secondary/auxiliary control surfaces* [1]. Bidang kendali utama (*primary flight control surfaces*) terdiri dari elevator, rudder, dan aileron. Bidang kendali *secondary/auxiliary control surfaces* terdiri dari *flap, trim tabs, balance tabs, spoilers, slats, slots*, dan lain-lain.

Sistem kendali bidang elevator merupakan hal yang sangat penting dalam proses merancang suatu pesawat udara. Hal ini dikarenakan oleh bidang elevator merupakan bidang kendali utama (*primary flight control surfaces*). Dalam merancang sistem kendali bidang elevator, hal penting yang dilakukan adalah menganalisis besarnya gaya yang bekerja pada masing-masing batang penggerak pada sistem kendali bidang elevator tersebut.

Pada penelitian ini dilakukan analisis besarnya gaya-gaya yang bekerja pada masing-masing batang kendali bidang elevator pesawat udara N219. Besarnya gaya tersebut kemudian dianalisis dan dilakukan kembali penyesuaian dengan besarnya kerja yang harus dilakukan oleh seorang pilot.

2. METODOLOGI

Dalam menganalisis perhitungan panjang lengan pada sistem kendali bidang elevator pesawat udara N-219 ini, dilakukan beberapa tahap penelitian yaitu dimulai dengan pengumpulan data desain beserta geometri sistem kendali terbang pesawat udara N-219 dari PT. Dirgantara Indoensia (PT. DI). Selanjutnya dilakukan perhitungan besarnya momen gaya dan resultan gaya berdasarkan data yang ada.

Perhitungan momen gaya dilakukan dengan cara menggunakan persamaan (1) dan (2). Perhitungan ini dilakukan dengan cara menghitung momen pada tiap-tiap titik tumpu dari gaya yang diberikan oleh pilot pada *yoke colomb* dan dilakukan secara berkelanjutan sampai pada besaran momen di *elevator*. Selanjutnya dilakukan analisis panjang lengan pemodelan struktur dengan menggunakan piranti lunak Patran/Nastran. Dari hasil simulasi Patran/Nastran tersebut akan diperoleh besarnya gaya, tegangan dan *Margin of Safety (MS)* dari masing-masing panjang lengan sistem kendali bidang elevator pesawat udara N-219. Hasil *Margin of Safety* tersebut memberikan informasi apakah sistem yang dirancang memiliki batas keamanan yang baik (nilai *MS* lebih dari 1).

Terdapat dua tegangan dasar pada suatu benda yang mendapat beban atau gaya, yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal didefinisikan jika beban atau gaya yang bekerja tersebut tegak lurus terhadap penampang dari benda tersebut. Sedangkan tegangan geser didefinisikan jika gaya

yang bekerja sejajar dengan penampang dari suatu benda tersebut.

Besarnya tegangan normal dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

sedangkan untuk tegangan geser dinyatakan dengan persamaan:

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} \quad (2)$$

Integritas suatu struktur dapat dianalisis melalui besarnya *Margin of Safety* yaitu batas keamanan suatu struktur. Besarnya *Margin of Safety* dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$MS = \left(\frac{\sigma_{allowable}}{\sigma_{applied}} \right) - 1 \geq 0 \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dari PT. Dirgantara Indonesia diperoleh bahwa material yang digunakan pada struktur *fitting* dan baut sistem kendali bidang elevator terdiri dari 3 jenis material seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Untuk *fitting*, material yang akan digunakan adalah 2024-T3 dan 7050-T7451, sedangkan untuk baut digunakan material jenis *steel* AISI 4130. Tabel 1 menunjukkan data properti material yang digunakan untuk *fitting* dan baut dengan nilai Modulus Elastisitas dan *Poisson Ratio* masing-masing.

Tabel 1. Data Properti Material [2]

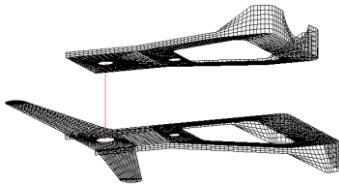
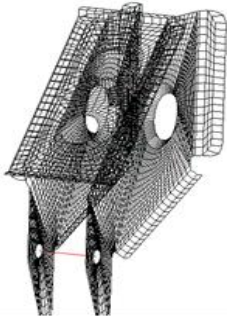

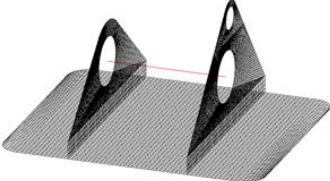
Material	Modulus Elastisitas (MPa)	<i>Poisson Ratio</i> (ν)
2024-T3	72.397,5	0,33
7050-T7451	71.018,5	0,33
Steel AISI 4130	199.955	0,32


Berdasarkan data properti material tersebut, selanjutnya dibuat pemodelan *fitting* dan baut menggunakan piranti lunak Patran/Nastran. Tabel 2

menunjukkan hasil pemodelan untuk *fitting* dan baut.

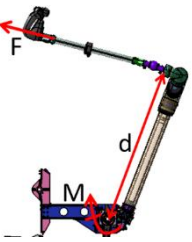
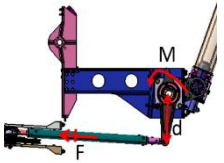
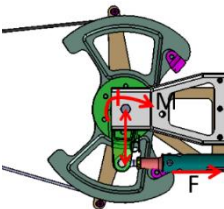
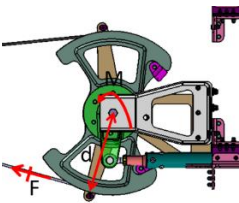
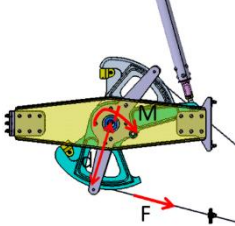
Selanjutnya perhitungan momen gaya dilakukan, dimulai dari titik dimana pilot memberikan gaya, dengan demikian diperoleh momen pada titik tumpu awal. Perhitungan momen gaya dilakukan kembali pada titik selanjutnya dengan menggunakan nilai momen gaya yang telah dihitung sebelumnya (titik tumpu awal). Proses ini dilakukan sampai pada *fitting* terakhir. Berdasarkan regulasi yang terdapat pada FAR Part 23 bahwa beban yang diberikan oleh pilot terhadap *column* adalah sebesar 334 N. Perhitungan momen gaya pada masing-masing *fitting* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Pemodelan *Fitting* menggunakan piranti lunak Patran/Nastran

Bagian	Gambar
<i>Fitting 1</i>	
<i>Fitting 2</i>	
<i>Fitting 3</i>	
<i>Fitting 4</i>	

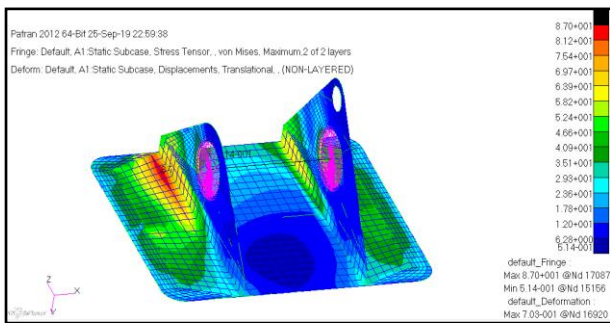
Bagian	Gambar
<i>Fitting 5</i>	

Tabel 3. Perhitungan Momen gaya

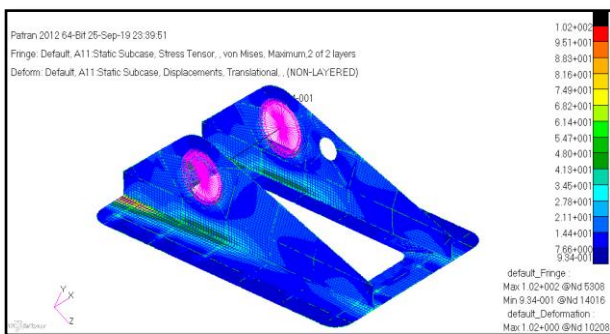
No.	Lokasi	Perhitungan Momen Gaya
1.		$F_{max} = 334 \text{ N}$ $d = 780,857 \text{ mm}$ $M = 260.806,30 \text{ N.mm}$
2		$M = 260.806,30 \text{ N.mm}$ $d = 135,008 \text{ mm}$ $F = 1.931,78 \text{ N}$
3		$F = 1.931,78 \text{ N}$ $d = 74,838 \text{ mm}$ $M = 144.570,82 \text{ N.mm}$
4		$M = 144.570,82 \text{ N.mm}$ $d = 124,962 \text{ mm}$ $F = 1.156,92 \text{ N}$
5		$F = 1.156,92 \text{ N}$ $d = 125 \text{ mm}$ $M = 144.614,78 \text{ N.mm}$

Berdasarkan nilai momen gaya tersebut kemudian diaplikasikan pada pemodelan *fitting* dan disimulasikan menggunakan piranti lunak PATRAN/NASTRAN sehingga diperoleh distribusi tegangan pada masing-masing *fitting* tersebut.

Gambar 1 dan 2 menunjukkan hasil analisis berupa distribusi tegangan pada *fitting* yang dianalisis. Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa tegangan maksimum pada *fitting* 4 terjadi sebesar 87 MPa. Sedangkan Gambar 2 menunjukkan distribusi tegangan pada *fitting* 5 dengan tegangan maksimum hasil simulasi sebesar 102 MPa.



Gambar 1. Hasil analisis *fitting* 4



Gambar 2. Hasil analisis *fitting* 5

Penentuan nilai *Margin of Safety* pada masing-masing *fitting* dilakukan dengan menggunakan rumus (2). Berdasarkan hasil analisis tegangan pada *fitting* 4 sistem penggerak kendali terbang pada *elevator* yaitu sebesar 87 MPa yang selanjutnya besaran tersebut merupakan *applied stress*. Material yang digunakan yaitu 7050-T7451 dengan *stress compress yield* sebesar 434,385 MPa yang selanjutnya besaran tersebut akan digunakan sebagai *allowable stress*.

Berdasarkan hasil analisis tegangan pada *fitting* 5 sistem penggerak kendali terbang pada *elevator* yaitu sebesar 102 MPa yang selanjutnya besaran tersebut akan digunakan sebagai *applied stress*. Material yang digunakan yaitu 7050-T7451 dengan *stress compress yield* sebesar 434,385 MPa yang selanjutnya besaran tersebut merupakan *allowable stress*. Tabel 4 menunjukkan nilai *margin of safety* *fitting* 4 dan *fitting* 5.

Tabel 4. Nilai *Margin of Safety*

No. <i>Fitting</i>	<i>Margin of Safety</i>
4	3,99
5	3,26

Pada Tabel 4 terlihat bahwa nilai *margin of safety* yang didapat pada *fitting* 4 sebesar 3,99 dan pada *fitting* 5 sebesar 3,26. Dengan demikian *fitting* 4 dan *fitting* 5 memiliki nilai *margin of safety* positif.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemodelan dan perhitungan besarnya gaya, analisis tegangan dan perhitungan *margin of safety* pada sistem kendali *elevator* pesawat N219 telah dilakukan. Nilai tegangan maksimum pada *fitting* 4 dan 5 masing-masing adalah sebesar 87 MPa dan 102 MPa. Untuk nilai *margin of safety* pada masing-masing *fitting* tersebut adalah 3,99 dan 3,26. Berdasarkan hasil perhitungan *margin of safety* pada *fitting* 4 dan *fitting* 5 dengan desain geometri sistem penggerak kendali terbang pada *elevator*, dapat disimpulkan bahwa *fitting* 4 dan *fitting* 5 dinyatakan aman (memiliki nilai positif).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan untuk Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Bandung yang telah mendanai kegiatan penelitian ini dengan Nomor Kontrak B/249.6/PL1.R7/PG.00.03/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Federal Aviation Administration, "Flight Control", FAA Publisher, 2018, Chapter 6.
- [2] Federal Aviation Regulation, "Airworthiness Standards: Normal, Utility, Acrobatic, and Commuter Category Airplanes", PART 23, FAA Publisher, 2017.
- [3] R.C. Hibbeler, "Mechanics of Materials", Eight Edition. New York: Pearson Prentice Hall, 2011.
- [4] D.L. Logan, "A First Course in The Finite Element Method". United States: Cengage Learning, 2012.
- [5] J.L. Meriam and L.G. Kraige, "Engineering Mechanics Statics" (sixth edition). New York: John Wiley & Sons Inc, 2008.
- [6] I. Moir and A. Seabridge, "Aircraft Systems: Mechanical, Electrical, and Avionics Subsystems Integration" (third edition). England, John Wiley & Sons Ltd, 2008.
- [7] M.C. Niu, "Airframe Stress Analysis and Sizing (second edition)". Hongkong Conmilit Press Ltd., 1999.
- [8] M.D. Pinem, "Analisis Struktur Dengan Metode Elemen Hingga". Bandung: Rekayasa Sains, 2010.
- [9] R.C. Rice et al., "Metallic Materials Properties Development and Standarization (MMPDS)". Washington: Federal Aviation Administration, 2003.
- [10] D.I. Sadeli, "Analisis Kekuatan Struktur Sayap Pesawat Tanpa Awak AI-X1 Menggunakan Software PATRAN/NASTRAN". Tugas Sarjana, 2017
- [11] M.H. Sadraey, "Aircraft Design a Systems Engineering Approach (first edition)". United States: John Wiley & Sons, 2017.
- [12] H.B.H. Siahaan, "Analisis Buckling Struktur Grid Pada Skin Panel Sayap Pesawat Terbang Menggunakan Software MSC PATRAN/NASTRAN", 2017, Tugas Sarjana.
- [13] https://www.indonesian-aerospace.com/aircraft/detail/11_n219+nurta_nio (diakses pada tanggal 30 Januari 2019)
- [14] <https://id.wikipedia.org/wiki/N-219> (diakses pada tanggal 10 Oktober 2019)

NOMENKLATUR

σ	tegangan normal (MPa)
F	gaya yang bekerja (N)
A	luas penampang (mm ²)
τ	tegangan geser (MPa)
V	gaya geser (N)
Q	Momen statis (mm ³)
I	momen inersia (mm ⁴)
t	lebar bidang geser (mm)