

SIMULASI DROP TEST NOSE LANDING GEAR LSU-02 MENGUNAKAN PENDEKATAN MULTI-BODY SIMULATION (MBS) RIGID MODELS

DROP TEST SIMULATION OF LSU-02 NOSE LANDING GEAR VIA MULTI-BODY SIMULATION (MBS) RIGID MODELS

Muhammad Adi Kusnanda¹, Dony Hidayat²

¹Institut Teknologi Bandung, Bandung

²Pusat Teknologi Penerbangan, LAPAN, Rumpin - Bogor
dony.hidayat@lapan.go.id

Abstrak

Simulasi *landing gear drop test* yang bertujuan untuk mengetahui gaya kontak/impak yang terjadi pada *nose landing gear* LAPAN Surveillance UAV (LSU) – 02 telah dilakukan. Simulasi menggunakan pendekatan *Multi-Body Simulation* (MBS) dengan perangkat lunak MSC ADAMS. Dari simulasi diperoleh gaya kontak/impak pada *nose landing gear* LSU – 02 sebesar 1478.7 N.

Kata kunci: Gaya kontak/impak, *landing gear*, *drop test*, *multi-body simulation*, *rigid body*

Abstract

A landing gear drop test simulation which aims to determinet the contact/impact force that occurs in nose landing gear LAPAN Surveillance UAV (LSU) - 02 has been conducted. Simulation utilize Multi-Body Simulation (MBS) approach with MSC ADAMS software. From the simulation obtained contact/impact force on nose landing gear LSU - 02 is 1478.7 N.

Keyword: Contact/impact force, landing gear, drop test, multi-body simulation, rigid body.

1. PENDAHULUAN

LAPAN Surveillance UAV (LSU) – 02 adalah salah satu hasil litbang Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN yang telah melakukan berbagai misi *surveillance*. Kemampuan terbang pesawat yang diklasifikasikan sebagai *Tactical UAV* ini, telah mampu terbang secara *autonomous* dan menempuh jangkauan terbang sekitar 200 km.

LSU - 02 mempunyai konfigurasi *triangle landing gear* dengan jenis *fix landing gear*. *Landing gear* adalah salah satu komponen utama pada pesawat terbang yang mempunyai fungsi untuk penyerapan energi pada saat fase *landing*, untuk pengereman dan untuk proses *taxi* dilandasan [1, 2].

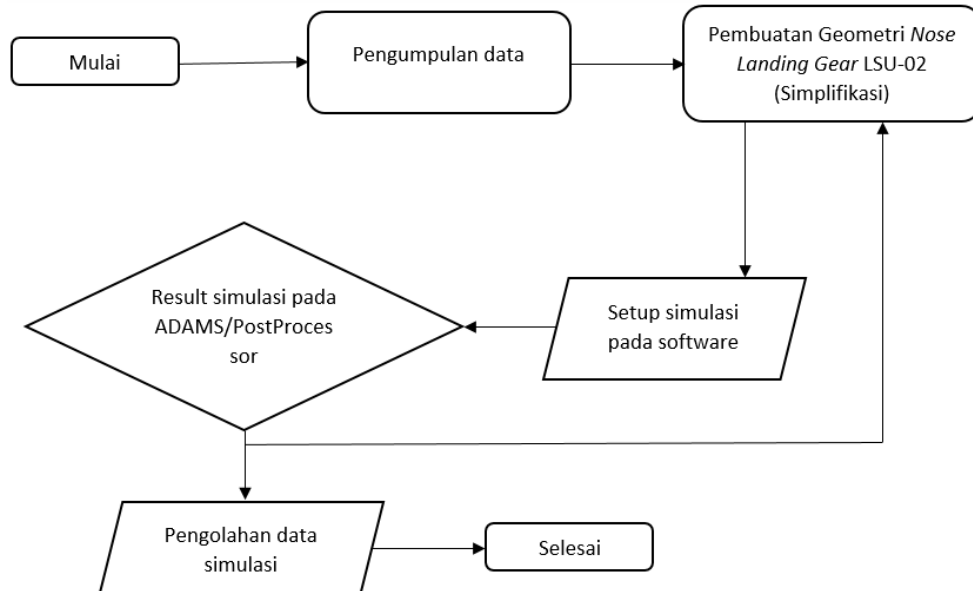
Perangkat lunak untuk kerekayasaan (*Computer Aided Engineering/CAE*) berkembang pesat dalam beberapa dekade ini, salah satunya adalah metode *multi-body simulation* (MBS). MBS menyediakan *tools* yang sangat cepat untuk pemodelan dan simulasi suatu *assembly* yang terdiri dari beberapa komponen. Inilah salah satu kelebihan MBS dibanding *finite element analysis* (FEA) yang cenderung untuk memisahkan secara parsial komponen - komponen pada suatu *assembly* yang bergerak dan berinteraksi satu sama lain [3].

Kong et al. [4] telah melakukan simulasi menggunakan LS-Dyna pada *landing gear smart unmanned aircraft vehicle* (SUAV) dan dibandingkan dengan data eksperimental. Fu et al. [5] memodelkan pengujian *drop test landing gear* dengan pendekatan menggunakan modul SimMechanics pada Matlab/Simulink. Romeo et al [6] telah membuat metodologi untuk *virtual landing gear drop test* (vLGDT) menggunakan perangkat lunak MSC ADAMS dan membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengujian eksperimental. Krason dan Malachowski [7] memperkenalkan metodologi untuk mengevaluasi beberapa model *landing gear* dan penelitian secara numerik pada komplit sistem *landing gear*. Chen et al. [8] telah melakukan simulasi impak pada *main landing gear* yang divariasikan ketebalannya menggunakan perangkat lunak komersial ANSYS dan LS-Dyna. Hidayat et al [9] juga telah membandingkan hasil simulasi *landing gear drop test* dengan hasil pengujian eksperimental pada *main landing gear* pesawat komuter 19 penumpang.

Pada penelitian ini akan dibahas tentang simulasi *landing gear drop test* pada *nose landing gear* LSU 02. Pemodelan yang digunakan pada penelitian ini masih menggunakan *rigid body model*. Dari simulasi ini akan diperoleh gaya kontak/impak yang terjadi pada *nose landing gear* LSU – 02.

2. METODOLOGI

Simulasi *drop test nose landing gear* LSU – 02 menggunakan perangkat lunak MSC ADAMS dengan diagram alir pemodelan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pemodelan Drop Test Nose Landing Gear LSU – 02

Asumsi dan data awal yang digunakan pada simulasi adalah :

- *Nose landing gear* dimodelkan 3 dimensi
- Model menggunakan tipe *rigid body* [10]
- Roda dimodelkan berdasarkan data eksperimental [11]
- Gesekan diabaikan
- *Step size* pada simulasi = 0.001 detik

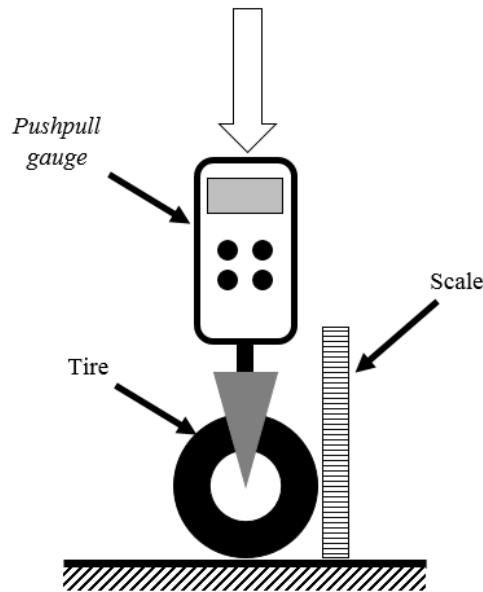
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian statik roda yang akan digunakan untuk *nose landing gear*

Untuk mengetahui nilai kekakuan (*stiffness*) pada roda *nose landing gear* dilakukan uji tekan menggunakan *pushpull rod*. Parameter kekakuan digunakan sebagai *input*-an untuk simulasi pada perangkat lunak MSC ADAMS. Skema alat untuk pengukuran kekakuan roda LSU – 02 seperti pada Gambar 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Statik Pada Roda Nose Landing Gear LSU – 02

No.	Load (N)	L ₀ (mm)	L (mm)	x (mm)	Kekakuan Roda (N/mm)
1	132	135	133	2	66
2	150	135	133	2	75
4	150	136	134	2	75
5	150	136	134	2	75



Gambar 2. Skema Alat Pengukuran Kekakuan Roda

L_0 adalah panjang awal, L adalah panjang setelah sistem diberikan gaya (*load*) dan x adalah perubahan panjang. Untuk mencari *stiffness* digunakan Persamaan 1, dengan menganggap sistem pada pengujian sebagai sistem massa-pegas.

$$f = k \cdot x \tag{1}$$

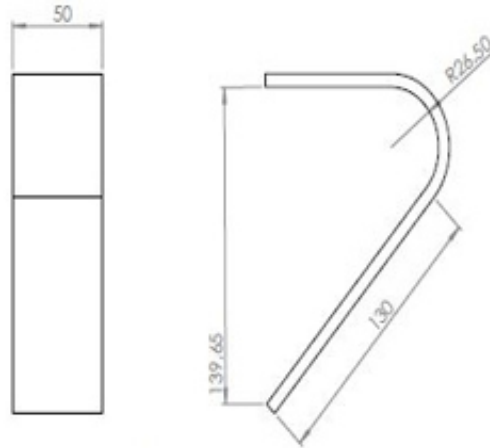
Dari hasil pengujian (Tabel 1) diperoleh nilai kekakuan antara 66 N/mm sampai 75 N/m. Untuk nilai kekakuan yang dipakai penulis memilih 75 N/mm dikarenakan dalam pengujian mendapatkan hasil berulang yang lebih banyak daripada nilai yang lain.

3.2. Simulasi Statik *Strut Nose Landing Gear* Menggunakan Metode FEM

Simulasi statik *strut nose landing gear* bertujuan untuk mencari nilai kekakuan pada komponen *strut nose landing gear* LSU-02. Simulasi menggunakan perangkat lunak Solidworks Simulation. Nilai kekakuan ini diperlukan sebagai *input*-an pada simulasi MSC ADAMS. Material pada *strut* diasumsikan *isotropik*. Pada simulasi ini digunakan material *carbon fiber E-Glass fabric* dengan *modulus young* sebesar 25 GPa. Konfigurasi *nose landing gear* LSU – 02 ditampilkan pada Gambar 3. Geometri *strut* pada *nose landing gear* seperti pada Gambar 4.

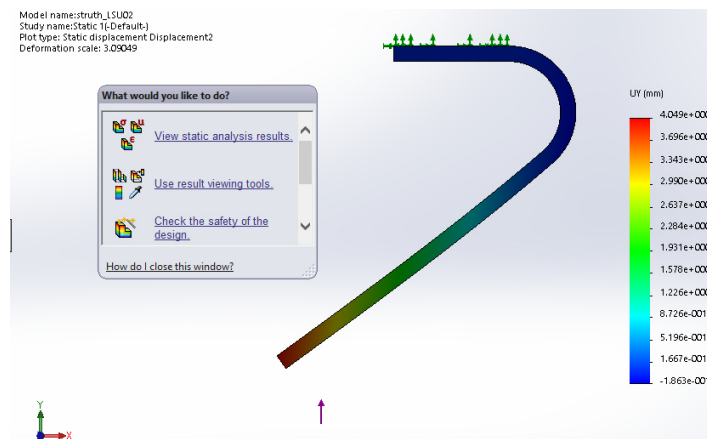


Gambar 3. Nose Landing Gear LSU - 02



Gambar 4. Geometri Strut Nose Landing Gear LSU - 02

Gaya yang diberikan pada simulasi ini diberikan secara bertahap dengan kenaikan 5 N dari 100 N hingga 120 N. Dari hasil simulasi dengan beban 100 N searah sumbu y diperoleh defleksi searah sumbu y pada ujung strut (warna merah) sebesar 4.049 mm seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Simulasi Strut Nose Landing Gear Menggunakan Solidwork Simulation

Hasil simulasi yang ditampilkan pada Tabel 2 menunjukkan nilai kekakuan *nose landing gear* sekitar 24.5 N/mm. Pada simulasi *landing gear drop test* menggunakan perangkat lunak MSC ADAMS, nilai kekakuan dibulatkan menjadi 25 N/mm.

Tabel 2. Hasil Simulasi Pengujian Statik Pada Strut Nose Landing Gear LSU-02

Load(N)	Displacement-axis y (mm)	Stiffness (N/mm)
100	4.049	24.697
105	4.266	24.613
110	4.484	24.532
115	4.704	24.447
120	4.925	24.365
Strut Stiffness		24.531

3.3. Simulasi Landing Gear Drop Test

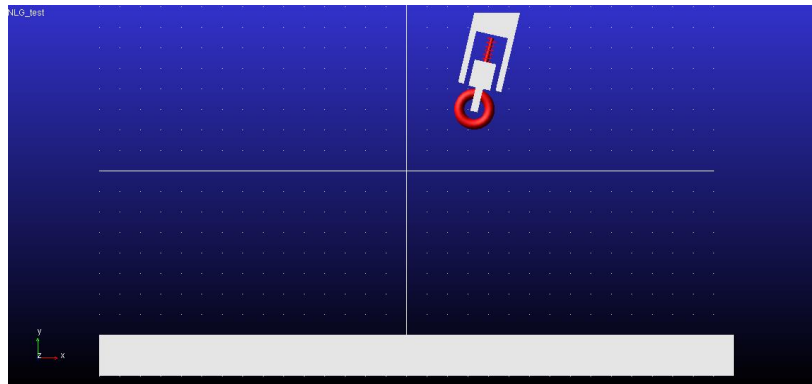
Pemodelan gaya kontak/impak memakai 4 variabel yaitu: *stiffness*(k), *force exponent* (e), *damping* (c), *penetration depth* (d) [12].

- k_{tire} : 75 N/mm (tire stiffness)
- c_{tire} : 0.75 (1% dari k)
- e : 1.1 (untuk rubber)
- d : 0.1 mm (standard input di MSC ADAMS)

Parameter awal untuk *strut* adalah :

- k_{strut} : 25 N/mm
- c_{strut} : 0.25 (1% dari k)

Massa total yang ditahan oleh *nose landing gear* sebesar 3.88 kg.

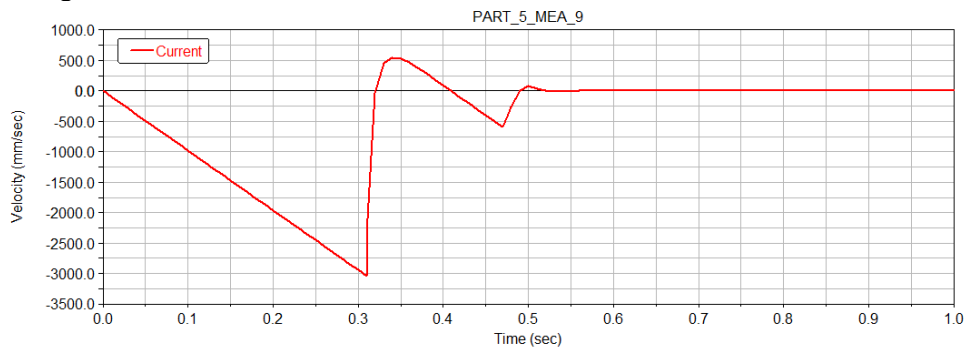


Gambar 6. Model *nose landing gear* yang disimplifikasi

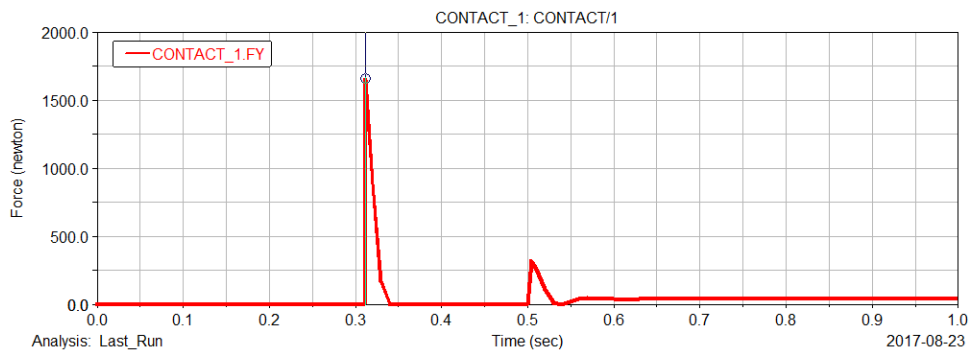
Untuk mencari ketinggian jatuh (*drop height*) pada $V_{sink} = 3.05$ m/s [13]. Kita gunakan persamaan kekekalan energi sehingga didapatkan persamaan :

$$h = \frac{v_{sink}^2}{2g} \tag{2}$$

Maka secara analitik didapatkan ketinggian jatuh (*drop height*) $h = 474.3$ mm. Ketinggian ini dijadikan sebagai referensi untuk simulasi.



(a)



(b)

Gambar 7. (a) Kecepatan Jatuh (V_{sink}) dan (b) Gaya Kontak/Impak Hasil Simulasi

Dari simulasi diperoleh kecepatan jatuh (V_{sink}) sebesar 3.04 m/s (Gambar 7(a)) dan gaya kontak/impak sebesar 1478.7 N seperti pada Gambar 7(b). *Ground Load Factor* yang terjadi pada *nose landing gear* sebesar 38.4, berarti gaya kontak/impak yang terjadi pada saat *touch down* dengan kecepatan 3.04 m/s sebesar 38 kali dari beban.

4. KESIMPULAN

Simulasi *drop test nose landing gear* LSU – 02 telah berhasil dilakukan menggunakan perangkat lunak MSC ADAMS. Dari hasil simulasi diperoleh gaya kontak/impak yang terjadi pada *nose landing gear* LSU – 02 sebesar 1478.7 N. Untuk mengurangi kerusakan pada *strut* dan *fuselage* akibat gaya kontak/impak yang besar ini, maka pilot harus mampu mendaratkan LSU – 02 dengan kecepatan jatuh (V_{sink}) dibawah 3.04 m/s. Nilai gaya kontak yang terjadi pada *nose landing gear* LSU – 02 juga bisa dikurangi dengan memilih komponen roda yang mempunyai kekakuan lebih rendah dan komponen *strut* didesain ulang dengan bentuk sedemikian rupa sehingga mempunyai kekakuan yang kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Gunawan Setyo Prabowo dan Bapak Agus Aribowo atas bimbingannya dalam penulisan makalah ini dan anggaran yang diberikan untuk pembelian perangkat lunak MSC ADAMS.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi makalah ini merupakan tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. S. Currey, *Aircraft landing gear design: principles and practices*: Aiaa, 1988.
- [2] [D. P. Raymer, "Aircraft design: A conceptual approach, American Institute of Aeronautics and Astronautics," Inc., Reston, VA, 1999.
- [3] N. N. Khude, "Efficient simulation of flexible body systems with frictional contact/impact," Citeseer, 2014.
- [4] J. Kong, Y. Lee, J. Han, and O. Ahn, "Drop impact analysis of smart unmanned aerial vehicle (SUAV) landing gear and comparison with experimental data," *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, vol. 40, pp. 192-197, 2009.
- [5] Y. L. Fu, P. Zhang, S. J. Li, and Z. F. Li, "Drop Dynamic Simulation for Landing Gear via SimMechanics," in *Advanced Materials Research*, 2013, pp. 77-83.
- [6] R. D. Leo, A. D. Fenza, M. Barile, and L. Lecce, "Drop Test Simulation for An Aircraft Landing Gear Via Multi-Body Approach," *Archive of Mechanical Engineering*, vol. 61, pp. 287-304, 2014.
- [7] W. Krason and J. Malachowski, "Multibody rigid models and 3D FE models in numerical analysis of transport aircraft main landing gear," *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*, vol. 63, pp. 745-757, 2015.
- [8] P.-W. Chen, S.-H. Chang, C.-M. Chen, and P.-W. Chen, "Impact Loading Analysis of Light Sport Aircraft Landing Gear," *Applied Mechanics and Materials* 518, pp. 252-257, 2014.
- [9] D. Hidayat, J. Istiyanto, D. A. Sumarsono, and A. Marta, "Investigasi Gaya Kontak/Impak Pada Main Landing Gear Pesawat Komuter Dengan Pendekatan Multi-Body Simulation (MBS) Rigid Models," *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 2017.
- [10] A. A. Shabana, *Dynamics of multibody systems*: Cambridge university press, 2013.
- [11] R. M. Brach and M. Brach, "Tire models for vehicle dynamic simulation and accident reconstruction," *SAE Technical Paper* 0148-7191, 2009.

- [12] J. Giesbers, "Contact mechanics in MSC Adams-A technical evaluation of the contact models in multibody dynamics software MSC Adams," 2012.
- [13] Kemenhub, "Civil Aviation Safety Regulations (CASR) Part 23 Amd. 1," ed, 2001.