

Rancang Bangun Alat Peraga *Ground Lock* Main Landing Gear

Fadli Hidirsyah^{1,*}, Mufti Arifin², Riskha Agustianingsih³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Dirgantara dan Industri,
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, Indonesia

*Author: fadlihidirsyah281@gmail.com

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 30 Mei 2024
Direvisi : 23 Agustus 2024
Diterima: 30 September 2024

Kata kunci:

Landing gear
Alat peraga pendidikan penerbangan
Ground Lock
hidrolik

Keywords:

Landing gear
aviation education teaching aids
Ground Lock
hydraulic

Penulis Korespondensi:

Fadli Hidirsyah
Email:
fadlihidirsyah281@gmail.com

ABSTRAK

Landing gear adalah komponen penting pesawat yang menopang bobot dan meredam kejutan saat lepas landas dan mendarat, serta mengurangi hambatan udara saat terbang. *Ground Lock* adalah bagian kritis yang mengunci posisi *Landing gear* saat pesawat diparkir untuk memastikan stabilitas. Untuk tujuan edukatif, dibuatlah alat peraga praktis dan portabel yang menyerupai *Landing gear* asli dengan dimensi yang disesuaikan untuk penggunaan di ruang kelas (31,5 cm x 21,2 cm x 18,4 cm). Alat ini menggunakan selang hidrolik fleksibel dan suntikan medis sebagai pompa hidrolik, dengan rangka dari aluminium dan akrilik yang kuat, ringan, serta transparan. Pengujian alat menunjukkan bahwa sistem hidrolik ini efektif dalam mensimulasikan penguncian dan pelepasan *Landing gear* dengan waktu 8,49 detik, meskipun bisa bervariasi tergantung operator. Kelebihan alat ini meliputi kemudahan operasi, bahan yang mudah ditemukan, biaya ekonomis, dan portabilitas. Kekurangannya termasuk skala yang tidak akurat, keterbatasan bahan, kompleksitas terbatas, ketahanan pada kondisi ekstrem yang belum teruji, ketergantungan pada operator, serta kebutuhan pemeliharaan rutin. Meskipun demikian, alat ini tetap signifikan dalam pendidikan teknik penerbangan, membantu siswa memahami mekanisme *Ground Lock main Landing gear* dengan simulasi yang realistis

The Landing gear is a critical component of an aircraft that supports its weight and absorbs shocks during takeoff and landing, as well as reduces air resistance during flight. The Ground Lock is a crucial part that locks the Landing gear in place when the aircraft is parked to ensure stability. For educational purposes, a practical and portable model has been created that resembles the actual Landing gear, with dimensions adjusted for classroom use (31.5 cm x 21.2 cm x 18.4 cm). This model uses flexible hydraulic hoses and medical syringes as hydraulic pumps, with a frame made of strong, lightweight, and transparent aluminum and acrylic. Testing of the model shows that this hydraulic system is effective in simulating the locking and releasing of the Landing gear, with a time of 8.49 seconds, although it can vary depending on the operator. The advantages of this model include ease of operation, availability of easily obtainable materials, economical cost, and portability. Its drawbacks include inaccurate scale, material limitations, limited complexity, untested durability under extreme conditions, dependence on the operator, and the need for regular maintenance. Nonetheless, this model remains significant in aviation engineering education, helping students understand the Ground Lock main Landing gear mechanism through realistic simulations.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Pesawat terbang merupakan alat transportasi yang dirancang untuk bergerak di udara. Kendaraan ini dapat beroperasi dengan bantuan mesin atau tanpa mesin dan dimanfaatkan untuk berbagai tujuan, seperti mengangkut penumpang dan barang, mendukung operasi militer, serta digunakan dalam aktivitas rekreasi[1]. Keselamatan dalam penerbangan sangatlah penting. Perawatan rutin pada komponen pesawat, terutama *landing gear*, diperlukan untuk memastikan operasi tetap aman dan mencegah kegagalan yang dapat membahayakan[2]. Sistem *landing gear* adalah komponen penting pesawat yang mendukung operasi di darat, lepas landas, dan pendaratan. Sistem ini mencakup berbagai bagian seperti penyangga kejut, roda, rem, unit penyalarsan, dan mekanisme lipat, yang dirancang untuk menahan beban ekstrem dan memberikan stabilitas[1].

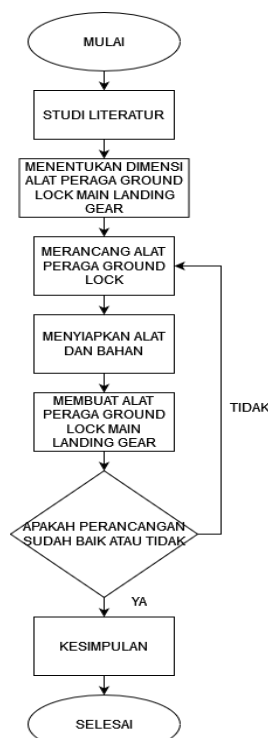
Sistem *Extension* dan *Retraction* pada bagian Main Landing gear memiliki peran penting dalam menjamin keselamatan dan kinerja pesawat saat lepas landas dan mendarat[3]. *Extension*, mekanisme ini bekerja dengan memperluas struktur penghubungnya, memperpanjang ukuran untuk meningkatkan efisiensi ruang sedangkan *Retraction* Mekanisme ini berfungsi dengan mendekatkan struktur penghubungnya, sehingga dapat mengurangi ruang yang dibutuhkan.

Di industri penerbangan, sistem *Ground Lock* pada main Landing gear memiliki peranan penting dalam menjaga keselamatan dan keandalan pesawat terbang. *Ground lock* pada main Landing gear pesawat digunakan untuk memastikan roda tetap terkunci saat pesawat di darat. Alat ini dipasang pada mekanisme retraksi untuk mencegah pergerakan, seperti pin atau penjepit pada piston silinder retraksi. *Ground lock* dilengkapi pita merah agar mudah terlihat dan dilepas sebelum penerbangan. Biasanya dipasang oleh kru setelah pendaratan[4].

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari teknik pembuatan model skala kecil *Ground Lock* main Landing gear sebagai alat peraga. Model tersebut direduksi ukurannya agar dapat ditempatkan di atas meja dengan posisi vertikal, mencerminkan posisi dari *Landing gear* sebenarnya beserta komponen-komponennya. Tujuan utamanya adalah untuk menyajikan materi pembelajaran berupa alat peraga *Ground Lock* main Landing gear untuk memudahkan pemahaman mengenai alat tersebut serta bermanfaat bagi mahasiswa lainnya untuk keperluan praktik.

II. METODE DAN PENDEKTAN

Penyusunan penelitian ini dibuat dalam diagram alir seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

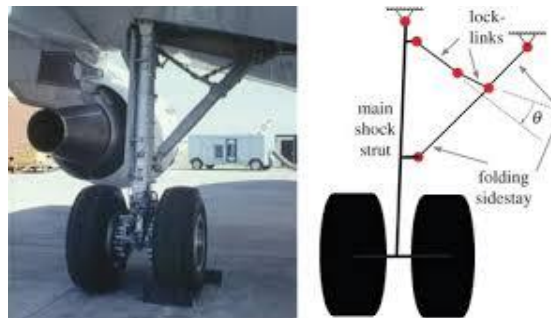


Gambar 1 Diagram Alir

2.1 Ground Lock Main Landing gear

Landing gear merupakan komponen krusial sebuah pesawat terbang, yang dirancang untuk menopang pesawat selama *landing*, *takeoff* dan saat di darat, serta harus mampu menyerap beban benturan selama pendaratan dan memberikan stabilitas saat pesawat berada di darat [5]. Selain itu, *landing gear* berperan sebagai sistem steering untuk mengarahkan pesawat saat di darat, serta sebagai sistem pengereman (*braking*) yang umumnya terdapat pada main *landing gear*. Sistem ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu main *landing gear* dan *nose landing gear*.

Untuk menjaga stabilitas saat pesawat berada di darat, sistem ground lock main *landing gear* digunakan untuk mengunci roda-roda utama pesawat, mencegah pergerakan tak diinginkan ketika pesawat tidak dalam operasi atau saat parkir[6]. Prinsip kerjanya adalah dengan menggunakan mekanisme pengunci, seperti pegas atau sistem hidrolik, yang menahan roda-roda utama agar tidak berputar atau bergerak. Saat ground lock diaktifkan, penahan ini mengunci roda-roda dengan kuat, dan sistem akan dinonaktifkan saat pesawat siap untuk lepas landas atau menjalani operasi penerbangan agar roda-roda dapat bergerak bebas. Perancangan *landing gear* ini dilakukan secara sistematis, mulai dari identifikasi kebutuhan, pengembangan konsep, perancangan detail, hingga pembuatan prototipe, pengujian, dan implementasi untuk memastikan fungsionalitas optimal dalam berbagai kondisi operasional[3]. Perancangan merupakan suatu proses yang sistematis dan terstruktur dalam mengembangkan produk, sistem, atau solusi untuk memenuhi kebutuhan atau memecahkan masalah tertentu. Proses perancangan melibatkan langkah-langkah mulai dari identifikasi kebutuhan hingga pengembangan konsep, perancangan detail, pembuatan prototipe, pengujian, dan implementasi.



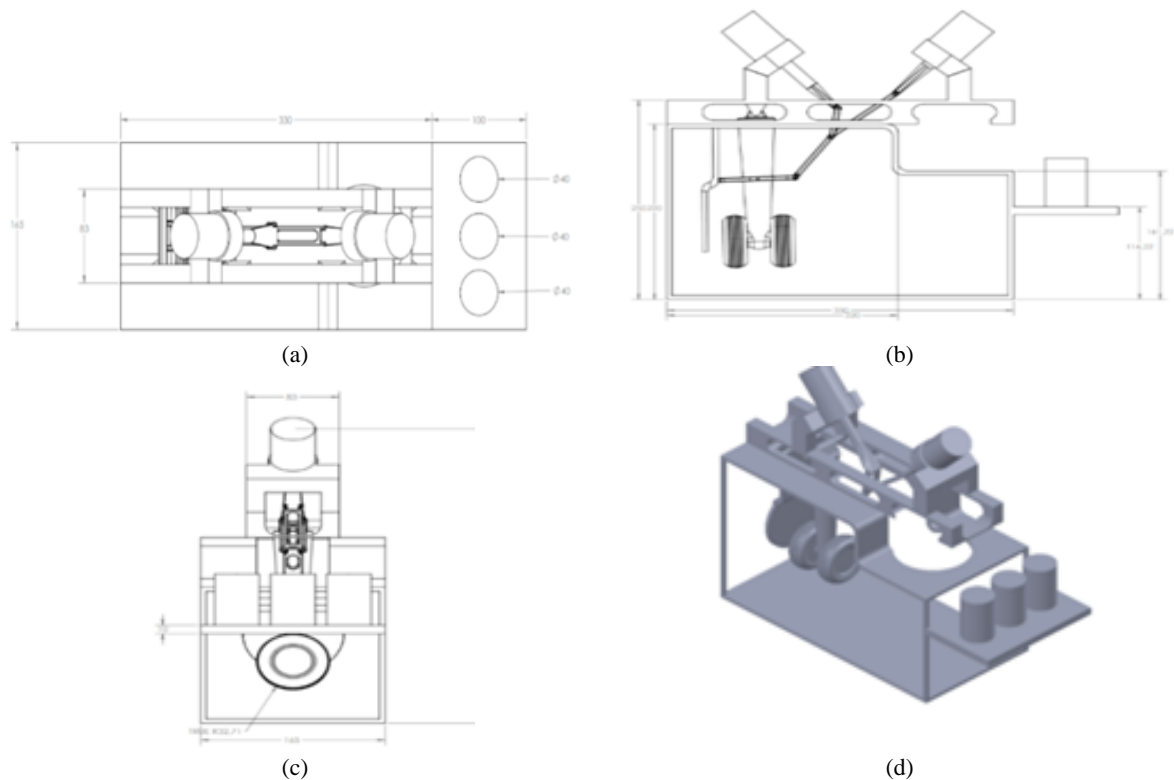
Gambar 2 Ground Lock Main Landing gear

2.2 Desain Ground Lock Main Landing gear

Desain alat peraga *Ground Lock main Landing gear* dirancang seperti aslinya pada *Landing gear* pesawat terbang. Tabel 1 memperlihatkan dimensi dari alat peraga yang disesuaikan ukurannya agar mencapai tujuan. Tampilan desain juga terlihat pada **Gambar 3**. Rancangan alat ini bertujuan untuk menghasilkan perangkat yang praktis, ekonomis, dan portabel. Adapun desain *Ground Lock main Landing gear* lebih detail sebagai mana terlampir pada lampiran 1.

Tabel 1 Dimensi alat peraga main *landing gear*

Besaran	Nilai	Satuan
Panjang	31,5	Cm
Tinggi	21,2	Cm
Lebar	18,4	Cm



Gambar 3 Alat peraga Ground Lock main *Landing gear*
 (a)Tampak atas, (b) Tampak samping, (c) Tampak depan dan (d) Tiga Dimensi

2.3 Komponen *Ground Lock Main Landing gear*

Sistem *Ground Lock Main Landing gear* pada alat peraga memiliki beberapa komponen yang penting yang bekerja secara terpadu untuk memastikan peraga bekerja dengan baik yang terdiri dari beberapa komponen.

2.3.1 *Hydraulic reservoir* (saluran hidraulik)

Saluran hidraulik pada alat peraga *Ground Lock main Landing gear* menggunakan selang karena bahan ini fleksibel dan lebih mudah dipasang dibandingkan pipa yang kaku. Selang yang digunakan dengan panjang ukuran 173cm.

2.3.2 Cairan

Cairan yang digunakan berupa air yang diberi pewarna untuk menggantikan cairan hidrolis asli. Pewarna ini ditambahkan untuk memberikan visualisasi yang jelas. Air dipilih sebagai pengganti karena penggunaan minyak goreng atau oli mesin dapat menyebabkan ketidakefektifan pada fungsi alat peraga *Landing gear*, terutama pada selang-selang yang terlibat.

2.3.3 *Hydraulic reservoir dan pump*

Pompa hidraulik pada alat peraga *Ground Lock main Landing gear* ini menggunakan suntikan medis karena mudah dioperasikan dan mampu memberikan tekanan cairan yang sesuai untuk mensimulasikan gerakan *Ground Lock main Landing gear* total cairan yang digunakan sebanyak 49,5ml. Selain itu, suntikan medis ini juga dapat menghasilkan gaya yang diperlukan untuk mengangkat dan menurunkan *Landing gear*.

2.3.4 Rangka dan Mekanisme

Rangka pada alat peraga ini dibuat dari material aluminium dan akrilik, yang memiliki sifat kuat, ringan, dan transparan. Panjang akrilik yang digunakan sepanjang 50x50cm

2.3.5 Roda

Roda *Landing gear* diperagakan menggunakan roda berbahan karet karena alasan fungsional dan kemudahan dalam simulasi.

2.4 Perakitan Ground Lock Main *Landing gear*

Proses Perakitan Ground Lock Main *Landing gear* di mulai dalam beberapa langkah yaitu

Langkah 1: Membuat kerangka utama menggunakan bahan akrilik untuk menopang *Landing gear*.



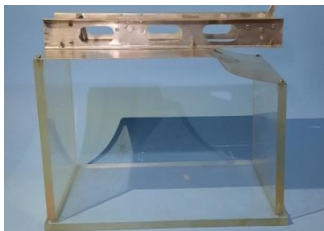
Gambar 4 Kerangka Utama

Langkah 2: Membuat kerangka tambahan menggunakan bahan aluminium



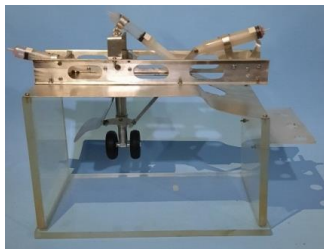
Gambar 5 Kerangka Utama Tambahan

Langkah 3: Membuat kerangka tambahan lainnya dengan bahan aluminium



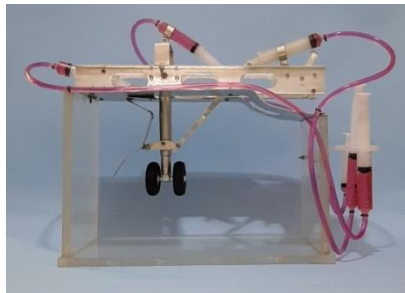
Gambar 6 Kerangka Penopang Main *Landing gear*

Langkah 4: Memasang suntikan dan roda karet pada kerangka yang telah dirakit sebelumnya.



Gambar 7 Pemasangan Kerangka Suntikan Dan Roda

Langkah 5: Memasang selang dan mengisi suntikan dengan cairan. Langkah ini ditunjukkan pada **Gambar 8** di bawah ini. Pada suntikan nomor 1 (kapasitas 10ml) yang sudah dihubungkan dengan selang memiliki cairan sebanyak 19,5ml; pada suntikan nomor 2 (kapasitas 10ml) yang sudah di hubungkan dengan selang memiliki cairan sebanyak 17ml; dan pada suntikan nomor 3 (kapasitas 5ml) yang sudah dihubungkan dengan selang memiliki cairan sebanyak 13ml. Maka dari itu total cairan pada alat peraga ini sebanyak 49,5ml.



Gambar 8 Pemasangan Selang dan Cairan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Ground Lock Main *Landing gear*

Proses pengujian alat peraga *Ground Lock* pada main *Landing gear* yang menggunakan suntikan sebagai sumber hidraulik dimulai dengan persiapan awal yang sangat teliti. Langkah pertama melibatkan pemeriksaan menyeluruh terhadap kondisi fisik dan fungsional semua komponen alat peraga. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan tidak ada kerusakan fisik atau malfungsi yang dapat mempengaruhi kinerja sistem. Selain itu, langkah ini juga penting untuk menghindari masuknya udara ke dalam selang atau suntikan, yang dapat mengganggu kinerja sistem hidraulik secara keseluruhan.

Setelah semua komponen dipastikan dalam kondisi baik, suntikan hidraulik dipasang dengan hati-hati sesuai prosedur yang telah ditetapkan. Pemasangan ini harus dilakukan dengan sangat cermat untuk memastikan semua koneksi rapat dan bebas dari kebocoran. Tahap persiapan ini sangat penting untuk menjamin bahwa sistem hidraulik akan berfungsi dengan optimal selama pengujian, memungkinkan simulasi *Ground Lock* main *Landing gear* berjalan dengan lancar dan akurat.

Aktivasi sistem hidraulik dimulai dengan mengisi suntikan dengan cairan hidraulik, yang kemudian dialirkan ke mekanisme *Ground Lock* untuk mensimulasikan penguncian *Landing gear* secara efektif. Proses ini memberikan kesempatan untuk mengamati secara langsung kinerja mekanisme *Ground Lock*, memastikan bahwa *Landing gear* dapat terkunci dengan kuat dan dilepaskan sesuai dengan kondisi operasional yang diinginkan. Pengujian ini mencakup berbagai tahapan mulai dari pemasangan hingga pengaktifan sistem hidraulik:

3.1.1 Kondisi Awal

Memastikan semua komponen hidraulik, termasuk suntikan dan selang, terpasang dengan benar dan tidak ada kebocoran. Tahapan ini merupakan kondisi awal sebelum dilakukan pengujian ditunjukkan pada **Gambar** dibawah ini.



Gambar 9 Kondisi awal sebelum pengujian:
(a) Tampak samping dan (b) Tampak depan

Gambar 9 memperlihatkan suntikan 1a dihubungkan selang ke suntikan 1b, suntikan 2a dihubungkan selang ke suntikan 2b, dan suntikan 3a dihubungkan selang ke suntikan 3b. **Gambar 9(b)** menunjukkan posisi *Landing gear* belum menyentuh tanah.

Mula-mula suntikan 1a terisi cairan 3 ml dan 1b terisi cairan 8 ml; suntikan 2a terisi cairan 3 ml dan 2b terisi cairan 8,2 ml; serta suntikan 3a terisi cairan 6,4 ml dan 3b terisi cairan 0,8 ml.

3.1.2 Simulasi pengujian *Ground Lock main Landing gear*

Proses ini dimulai dengan suntikan nomor 2a ditarik keatas, kemudian suntikan nomor 1a ditarik juga ke atas sedikit sampai cairan terisi 5,4 ml yang terlihat pada **Gambar 10(a)** menyebabkan suntikan 2b dan 1b cairannya berkurang sampai suntikan menunjukkan 4,4 ml, sehingga menghasilkan pergerakan menurun dari *main Landing gear* yang terlihat pada **Gambar 10(b)**. Suntikan nomor 2 dan 1 tidak bisa dilakukan bersamaan dan harus dilakukan berturut-turut untuk menghindari bentrokan dengan komponen rangkanya.



Gambar 10 Simulasi awal pengujian:
(A) Tampak samping dan (B) Tampak depan

Proses ini dilanjutkan dengan Suntikan nomor 1a ditarik sampai suntikan terisi sebanyak 8 ml dan nomor 2a ditarik keatas lagi sebanyak 7,4 ml secara bertahap tetapi tidak sampai batas maksimum dan suntikan nomor 3a ditekan kebawah sampai suntikan menunjukkan 5,2 ml (lihat **Gambar 10 (B)**) menyebabkan suntikan 2b,1b dan 3b cairannya berkurang sampai suntikan menunjukkan 3,6 ml, 3 ml,dan 2,8 ml.sehingga menghasilkan *Landing gear* semakin menurun (lihat **Gambar 11(B)**).



Gambar 11 Simulasi lanjutan pengujian:
(A) Tampak samping dan (B) Tampak depan

Pada proses terakhir (lihat **Gambar 11**), dengan tujuan *Landing gear* mencapai tanah. Suntikan nomor 1a dan 2a ditarik sampai suntikan menunjukkan 9,6 ml dan 11,2 ml secara berturut-turut, lalu suntikan nomor 3a ditekan kebawah sampai 0,6 ml yang menghasilkan *Landing gear* mengunci pada saat di ground. Hal tersebut dapat terlihat pada rangka *Ground Lock* (lihat **Gambar 11 (b)**). Menyebabkan suntikan 2b,1b dan 3b cairannya berkurang sampai suntikan menunjukkan 0 ml, 2,2 ml,dan 6,4 ml.Sehingga dapat disimpulkan pada proses simulasi akhir pengujian ini terjadi fenomena *Ground Lock* pada main *Landing gear*.

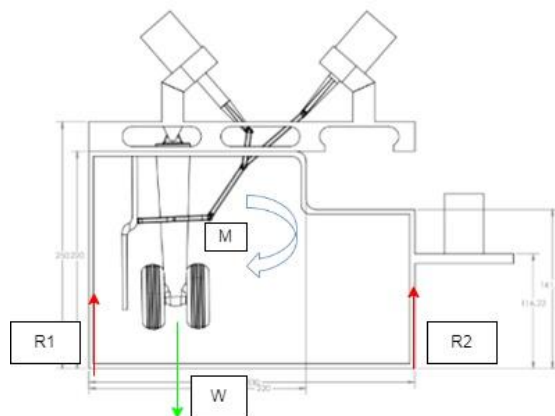


Gambar 12 Simulasi akhir pengujian:
(A) Tampak samping dan (B) Tampak depan

Dalam proses simulasi pengujian pada alat peraga ini, stopwatch digunakan untuk mengukur waktu, yang tercatat sebesar 8,49 detik. Namun, hasil pengukuran ini dapat bervariasi tergantung pada siapa yang melakukan simulasinya. Memeriksa kinerja alat untuk memastikan bahwa prosedur pengujian memenuhi semua standar keselamatan dan performa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat peraga mampu mensimulasikan *Ground Lock main Landing gear* dengan cukup baik dan memberikan simulasi yang mendekati pada kondisi aslinya, meskipun terdapat perbedaan skala. Hal ini terbukti dari tidak adanya kebocoran fluida (udara) pada selang hidrauliknya.

3.2 Free Body Diagram Pada Alat Peraga Main Landing gear

Bagian ini menjelaskan alat peraga *main Landing gear* memiliki *free body diagram* ditampilkan pada **Gambar 13**., diantaranya memiliki gaya R,W, dan M. Dimana R1 dan R2 adalah gaya reaksi yang disebabkan kena tumpuan permukaan yaitu menerapkan hukum *newton 3* ($F_{aksi} = F_{reaksi}$). Lalu W itu adalah gaya berat dari *Landing gear* dipengaruhi gravitasi ($w=m.g$),serta M adalah gaya momen ($m=fxd$) pada *Landing gear* yang ditandai dengan pergerakan *Extension* dan *retraction*.



Gambar 13 Alat Peraga *Ground Lock Main Landing gear*

3.3 Kelebihan Dan Kekurangan Alat Peraga Ground Lock Main Landing gear

Bagian ini membahas kelebihan dan kekurangan alat peraga *Ground Lock* pada *main Landing gear*. Dengan menganalisis aspek-aspek positif dan negatif dari alat peraga ini, kita dapat memahami sejauh mana alat ini efektif dalam mensimulasikan fungsi *Ground Lock* serta mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensinya.

Alat peraga *Ground Lock Main Landing gear* memiliki beberapa kelebihan, di antaranya mudah dioperasikan dengan hanya menarik dan menekan suntikan untuk mensimulasikan sistem, menjadikannya praktis dan ideal sebagai alat praktik. Selain itu, bahan dan komponen yang digunakan mudah ditemukan, sehingga alat ini dapat diproduksi massal dengan biaya yang ekonomis tanpa mengurangi kualitas. Desainnya yang portabel memudahkan alat ini dibawa dan digunakan di berbagai lokasi, sementara efektivitasnya dalam simulasi memungkinkan pengguna memahami kinerja *Ground*

Lock dengan melihat perpindahan cairan hidrolik melalui selang transparan, memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan mendalam..

Meskipun alat peraga Ground Lock Main *Landing gear* memiliki banyak kelebihan, seperti kemudahan penggunaan, biaya yang ekonomis, portabilitas, dan efektivitas dalam simulasi, alat ini juga memiliki beberapa kekurangan. Salah satunya adalah skala yang tidak akurat, karena alat ini mungkin tidak mereplikasi ukuran asli pesawat Boeing secara presisi, yang bisa memengaruhi akurasi simulasi. Selain itu, alat ini memiliki kompleksitas terbatas dan mungkin tidak mampu mensimulasikan interaksi sistem Ground Lock dengan sistem avionik atau sensor lainnya. Material yang digunakan, meskipun mudah ditemukan, tidak sepenuhnya menyerupai bahan dalam aplikasi nyata, sehingga mempengaruhi kinerja simulasi dalam beberapa aspek. Alat ini juga tidak dirancang untuk menahan kondisi ekstrem seperti suhu atau tekanan tinggi yang terjadi pada penerbangan sebenarnya. Ketergantungan pada keahlian operator dalam menjalankan simulasi dapat menghasilkan variasi dalam efektivitas, dan meskipun biaya pemeliharannya rendah, alat ini mungkin memerlukan kalibrasi dan perawatan rutin untuk menjaga kinerjanya.

IV. KESIMPULAN

Desain alat peraga Ground Lock Main *Landing gear* telah dirancang menyerupai sistem *Landing gear* pesawat dengan dimensi yang disesuaikan, yaitu panjang 31,5 cm, tinggi 21,2 cm, dan lebar 18,4 cm. Alat ini menggunakan selang hidrolik fleksibel, suntikan medis sebagai pompa, serta rangka dari aluminium dan akrilik yang kuat, ringan, dan transparan, sementara roda terbuat dari karet untuk kemudahan simulasi. Perakitan dilakukan secara bertahap, dimulai dari pembuatan kerangka hingga pemasangan roda, suntikan, selang, dan pengisian cairan hidrolik. Pengujian menunjukkan bahwa sistem hidrolik dapat mensimulasikan penguncian dan pelepasan *Landing gear* dengan baik, dengan waktu simulasi 8,49 detik, meskipun hasilnya bisa bervariasi. Alat ini memiliki kelebihan seperti mudah dioperasikan, bahan mudah ditemukan, biaya ekonomis, portabilitas, dan efektivitas dalam simulasi, namun juga memiliki beberapa kekurangan, termasuk skala yang tidak akurat, kompleksitas dan ketahanan material yang terbatas, serta ketergantungan pada operator dan kebutuhan pemeliharaan rutin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan **PENELITIAN INI**. Penulis menyadari bahwa **PENELITIAN INI** masih jauh dari sempurna, baik dari segi materi maupun penyajiannya, mengingat keterbatasan kemampuan dan pengalaman. Namun, penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk menyelesaikannya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ayahanda Sugi Yanto dan Ibunda Siti Nurmalia atas doa, kasih sayang, serta dukungan materi dan non-materi yang tak ternilai. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Mufti Arifin, S.T., M.T., Kaprodi Teknik Penerbangan sekaligus dosen pembimbing I; serta Riskha Agustianingsih, S.T., M.T., dosen pembimbing II. Tak lupa, terima kasih kepada teman-teman angkatan 2019, saudara, adik-adik, serta teman seperjuangan Pandya Atha Narindra, yang membantu dalam pembuatan alat dan penyusunan skripsi ini. Terima kasih juga kepada Anna Fadhilla Putri, Althop Furqon Baharudin, Firman Tri Handoko, Aufa Satya Mubarak, Sabil Syaban, Yogi Lesmana, dan Adrian Rivaldi Suandi atas dukungan dan semangatnya. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan, dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. N. Wishwakarma, K. K. Telore, V. V Purandare, G. C. Waichal, Prof. K. R. Pagar, dan Dr. C. D. M. Mohod, "Review on Failures, Design and Material Optimization Techniques in Aircraft Landing Gear Mechanism," *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 11, no. 2, hlm. 603–609, Feb 2023, doi: 10.22214/ijraset.2023.49102.
- [2] F. Li dan K. Maiorova, "FAILURE AND MAINTENANCE OF AIRCRAFT LANDING GEAR," *Grail of Science*, no. 16, hlm. 222–226, Jul 2022, doi: 10.36074/grail-of-science.17.06.2022.039.

- [3] A. Yao, C. Ma, Z. Qian, Z. Zhao, dan Y. Lu, "Simulation design and performance analysis of Aircraft Landing Gear Hydraulic Extension/Retraction System," dalam *2022 4th International Academic Exchange Conference on Science and Technology Innovation (IAECST)*, IEEE, Des 2022, hlm. 322–327. doi: 10.1109/IAECST57965.2022.10062191.
- [4] FAA, "Aviation Maintenance Technician Handbook - Airframe (31B)," 2023. [Daring]. Tersedia pada: www.faa.gov.
- [5] W. Liu, Y. Wang, dan Y. Ji, "Landing Impact Load Analysis and Validation of a Civil Aircraft Nose Landing Gear," *Aerospace*, vol. 10, no. 11, hlm. 953, Nov 2023, doi: 10.3390/aerospace10110953.
- [6] S. Ruan, M. Zhang, Y. Hong, dan H. Nie, "Influence of clearance and structural coupling parameters on shimmy stability of landing gear," *The Aeronautical Journal*, vol. 127, no. 1315, hlm. 1591–1622, Sep 2023, doi: 10.1017/aer.2022.109.