

Rancang Bangun Alat Peraga Simulasi Kerja Spoiler Pada Pesawat Terbang

Awfa Azka Al Farabi^{1,*}, Mufti Arifin², Evi Endarti³

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

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 27 Agustus 2024
Direvisi: 4 Agustus 2025
Diterima: 7 Agustus 2025

Kata kunci:

Rancang bangun
secondary flight control
sistem hidrolis
speed brake
spoiler

Keywords:

Design
hydraulic system
secondary flight control
speed brake
spoiler

Penulis Korespondensi:

Awfa Azka Al Farabi
Email:
awfaazka11@gmail.com

ABSTRAK

Spoiler merupakan salah satu komponen yang memiliki peran penting pada sebuah pesawat terbang. Komponen ini berperan untuk memperlambat laju dari sebuah pesawat baik di udara ataupun di darat. Namun, karena klasifikasinya yang termasuk ke dalam bagian dari *secondary flight control*, sehingga pemahamannya pun sering kali terbatas pada kalangan umum sebagai alat pengereman pada sebuah pesawat terbang tanpa memerhatikan kompleksitas fungsi dan mekanismenya. Oleh karena itu pembuatan rancang bangun simulasi kerja *spoiler* ini diharapkan dapat membantu dalam memahami simulasi kerja dari sebuah *spoiler* pada pesawat terbang. Alat ini dirancang dengan sistem kerja sederhana menggunakan alat suntik dan selang sebagai penggambaran sederhana kinerja sistem hidrolis pada pesawat, yang juga dilengkapi dengan rangkaian sistem listrik yang terdiri dari *arduino*, *servo* dan *microswitch* sebagai pendukung sistem alat ini sehingga dapat menggambarkan perbedaan kinerja antara *flight spoiler (speed brake)* dengan *ground spoiler*. Struktur wing pada alat ini dibuat dari bahan material *termoplastic (PLA)* dan plastik mika, sehingga dapat memudahkan untuk dapat melihat bagaimana alat ini dapat bekerja. Alat ini juga dilengkapi dengan tuas lever yang disrupakan sebagaimana aslinya sesuai dengan apa yang ada di pesawat. Berdasarkan perancangan dan perakitan yang telah dilakukan, alat yang dibuat terbukti berhasil bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Spoiler is one of the components that has an important role in an airplane. This component serves to slow down the speed of an aircraft both in the air and on the ground. However, due to its classification as part of secondary flight control, its understanding is often limited to the general public as a braking device on an aircraft without paying attention to the complexity of its functions and mechanisms. Therefore, the design of this spoiler simulation is expected to help in understanding the work simulation of a spoiler on an aircraft. This tool is designed with a simple working system using a syringe and hose as a simple depiction of the hydraulic system performance on the aircraft, which is also equipped with a series of electrical systems consisting of arduino, servo and microswitch as a support system for this tool so that it can describe the difference in performance between flight spoiler (speed brake) and ground spoiler. The wing structure of this tool is made of thermoplastic material (PLA) and mica plastic, so that it can make it easier to see how this tool can work. This tool is also equipped with a lever that is duplicated as the original according to the aircraft. Based on the design and assembly that has been done, this tool is proven to work successfully in accordance with its respective functions.

.Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Flight control system merupakan sebuah sistem yang memiliki peran penting terhadap kendali terbang sebuah pesawat, sistem bertujuan agar pilot mampu mengendalikan mulai dari lepas landas (take-off) hingga mendarat (landing) [1]. *Spoiler* merupakan salah satu komponen yang memiliki peranan penting dalam sistem ini yaitu sebagai pengatur laju dari pesawat terbang, dengan memperlambat laju pada sebuah pesawat terbang baik di udara maupun di darat [2][3]. Meskipun demikian komponen ini termasuk pada klasifikasi *secondary flight control*, sehingga pemahamannya sering kali terbatas di kalangan umum. *Spoiler* sering kali hanya dianggap sebagai alat pengereman pesawat tanpa memperhatikan kompleksitas fungsi dan mekanisme sebenarnya.

Oleh karena itu, tugas akhir ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah alat peraga simulasi kerja *spoiler* pada pesawat terbang. Simulasi ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih mengenai fungsi dan operasi dari *spoiler* pada pesawat terbang, baik selama penerbangan (sebagai *speedbrake*) maupun saat proses pendaratan (sebagai *ground spoiler*).

Rancang bangun alat simulasi ini menggunakan prinsip kerja sederhana yang memanfaatkan prinsip alat suntik dan selang sebagai representasi dari sistem hidrolis pada pesawat. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan rangkaian sistem listrik yang mencakup *arduino*, *servo* dan *microswitch* untuk mendukung simulasi kerja *spoiler*. Hal ini memungkinkan pengguna untuk dapat melihat perbedaan kinerja antara *spoiler* selama penerbangan (*speed brake*) dan pada saat pendaratan (*ground spoiler*). Simulasi kerja *spoiler* ini dibuat secara transparan menggunakan bahan material *termoplastic* (PLA) dan plastik mika, sehingga memudahkan pengguna untuk dapat melihat dan memahami mekanisme kerja dari alat simulasi ini.

Tugas akhir ini tidak berfokus pada replikasi sistem *spoiler* dari salah satu tipe pesawat, tetapi hanya menjadikan sistem pesawat *Boeing 737 – 600/700/800/900* sebagai acuan yaitu dengan konfigurasi empat flight spoilers dan dua ground spoilers pada sayap [4]. Fokus penelitian ini adalah pada perancangan dan pembangunan alat peraga simulasi kerja *spoiler*, tanpa mencakup keseluruhan sayap atau pesawat secara utuh serta tanpa menampilkan kinerja otomatis dari *spoiler* pada posisi *armed* dan kinerja otomatis yang terhubung dengan *aileron* dan *thrust reverse*.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah perancangan dan pengembangan (*design and development*) alat peraga simulasi kerja *spoiler* pada pesawat terbang. Bertujuan untuk memvisualisasikan fungsi dan kinerja sistem *spoiler* pada pesawat terbang dengan cara yang lebih sederhana. Tahapan metodologi dimulai dari pembuatan desain alat peraga, menggunakan *software* aplikasi *AutoCad* untuk mendesain bagian *Wing Structure*, *Spoiler Lever*, *Case*, dan komponen lainnya. Desain ini kemudian dicetak dengan menggunakan teknologi *3D printing* dengan metode *Fused Filament Fabrication* (FFF). Setelah pencetakan, dilanjutkan dengan perancangan sistem kelistrikan menggunakan *Arduino Uno* yang digunakan sebagai pengendali untuk *servo* dengan *input* melalui *toggle switch* dan *microswitch*, serta perakitan sistem hidrolis yang direpresentasikan dengan menggunakan alat suntik dan selang. Pengujian pada tahap akhir perancangan dengan tujuan untuk memastikan alat peraga dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, yaitu menyimulasikan kinerja dari sebuah *spoiler*.

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Alat

Adapun alat – alat yang digunakan dalam pembuatan alat peraga adalah :

1. *3D Printer* – Digunakan untuk mencetak bagian *wing structure* dan *spoiler lever handle* pada alat peraga, dengan jenis *printer* yang berteknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM).
2. *Hand Saw* – Digunakan untuk memotong material seperti kayu dan tripleks dalam pembuatan *case* pada alat peraga.
3. *Electric Drill* – Digunakan untuk membuat lubang pada bagian tertentu pada alat peraga dengan mata *drill* berukuran 0.8 mm dan 5 mm.

4. Spidol warna, *Ruler*, Pensil, *Sandpaper* – Digunakan untuk pemberi warna, penandaan, pengukuran dan perataan permukaan material.

2.1.2 Bahan

Berikut adalah bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan alat peraga :

1. *Filament PolyLactic Acid* (PLA) – Media cetak untuk 3D *print*, dipilih karena mudah diperoleh dan ekonomis.
2. Tripleks dan Kayu Balok – Digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *case* dan rangka utama dari alat peraga.
3. Tusuk gigi, Sumpit, Batang Es Krim – Digunakan sebagai bahan dasar pembuatan penyangga dan penghubung mekanisme pada alat peraga.
4. Alat Suntik dan Selang – Digunakan sebagai representasi sistem hidrolik dalam alat peraga.
5. Pewarna – Digunakan untuk membedakan cairan sistem hidrolik dalam alat peraga. Pipa PVC, Plastik Mika – Digunakan dalam pembuatan bagian *landing gear*, penyangga, serta sisi transparan pada alat peraga.
6. *Arduino Uno R3*, *Servo*, *Switch DPDT* – Digunakan sebagai komponen elektronik untuk mengontrol dan penggerak mekanis dalam alat peraga.

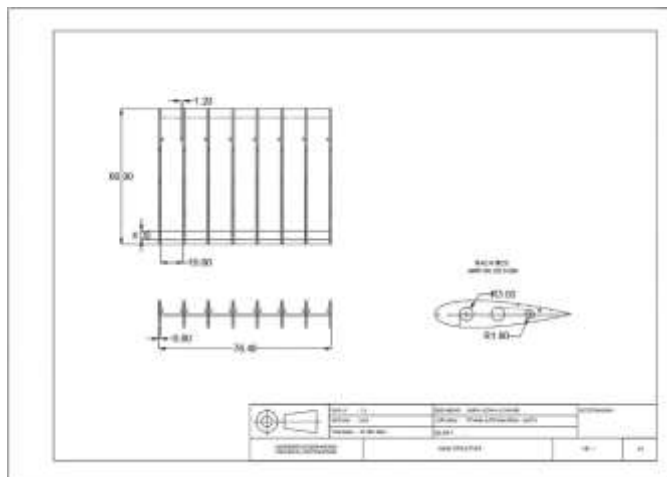
2.2 Prosedur Pembuatan Alat Peraga

2.2.1 Desain Alat Peraga Simulasi Kerja Spoiler

Tahapan pertama dalam proses pembuatan alat peraga ialah pembuatan gambar desain alat peraga. Hal ini dapat membantu proses pengerjaan pembuatan alat, karena dengan adanya gambar desain mampu memudahkan dalam memvisualisasi hasil akhir perancangan [5]. Dalam proses ini pembuatan gambar desain menggunakan software aplikasi AutoCad.

1. Gambar Desain *Wing Structure*

Penggambaran desain *wing structure* dimulai dengan melakukan pengambilan data dari sebuah generator pembuat bentuk *airfoil*. Bentuk *airfoil* yang digunakan adalah NACA 0020, yang dipilih karena sesuai dengan kebutuhan dalam pembuatan alat peraga.



Gambar 1 Desain *Wing Structure* [2].

2. Gambar Desain *Spoiler Lever* dan *Case*

Setelah membuat desain *wing structure*, maka diperlukan juga untuk membuat desain *spoiler lever* dan *case* sebagai alat penggerak dan tempat bagi komponen sistem kerja alat peraga.



Gambar 4 Proses Pencetakan 3D Printing [6].

Ketika hasil cetak telah selesai maka dapat dilihat bahwa hasil cetak belum terlihat sesuai dengan apa yang kita inginkan, maka perlu dilakukannya pembersihan dengan melepas *support* yang menempel pada desain hasil cetak 3D hingga bentuknya sesuai dengan keinginan.

2.2.3 Perancangan Sistem Kelistrikan dan Pemrograman *Arduino*

Arduino merupakan sebuah microcontroller yang berfungsi untuk dapat mengontrol perangkat elektronik berdasarkan sistem pemrograman yang tersimpan di dalamnya [8]. Pada sistem ini *Arduino* berperan sebagai otak untuk mengolah dan menjalankan sistem berdasarkan pemrograman yang disesuaikan dengan fungsi dalam menjalankan alat peraga ini. Program memungkinkan sistem untuk mampu mengendalikan kontrol dua *servo* menggunakan *toggle switch* dan *microswitch*. Jenis *Arduino* yang digunakan adalah *Arduino Uno R3.5 Black Pink*.

```
#include <Servo.h>

Servo servoA;
Servo servoB;

int posA = 0; // Position of Servo A
int posB = 0; // Position of Servo B

const int toggleUpPin = 2;
const int toggleDownPin = 3;
const int microswitchPin = 4;

bool microswitchPressed = false;

// Function Declaration
void moveServo(Servo &servo, int &currentPos, int targetPos);

void setup() {
  servoA.attach(9);
  servoB.attach(10);

  pinMode(toggleUpPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(toggleDownPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(microswitchPin, INPUT_PULLUP);

  servoA.write(posA); // Initial position 0 degrees
  servoB.write(posB); // Initial position 0 degrees
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("System Initialized");
}

void loop() {
  int toggleUpState = digitalRead(toggleUpPin);
  int toggleDownState = digitalRead(toggleDownPin);
  int microswitchState = digitalRead(microswitchPin);

  Serial.print("toggleUpState: "); Serial.println(toggleUpState);
  Serial.print("toggleDownState: "); Serial.println(toggleDownState);
  Serial.print("microswitchState: "); Serial.println(microswitchState);

  // Handle Servo A movement
  if (toggleDownState == LOW) {
    moveServo(servoA, posA, 90); // Move to 90 degrees in 4 seconds
    Serial.println("Servo A moving to 90 degrees");
  } else if (toggleUpState == LOW) {
    moveServo(servoA, posA, 0); // Move to 0 degrees in 4 seconds
    Serial.println("Servo A moving to 0 degrees");
  }
}
```

(a)

```

// Handle Servo B movement
if (microswitchState == LOW && !microswitchPressed) {
  microswitchPressed = true;
  moveServo(servoB, posB, 0); // Move to 0 degrees when microswitch is pressed
  Serial.println("Servo B moving to 0 degrees due to microswitch press");
} else if (microswitchState == HIGH && microswitchPressed) {
  microswitchPressed = false;
}

if (toggleDownState == LOW) {
  moveServo(servoB, posB, 90); // Move to 90 degrees when toggle is down
  Serial.println("Servo B moving to 90 degrees due to toggle down");
}

void moveServo(Servo &servo, int &currentPos, int targetPos) {
  Serial.print("Moving servo from ");
  Serial.print(currentPos);
  Serial.print(" to ");
  Serial.println(targetPos);
  if (currentPos < targetPos) {
    for (int pos = currentPos; pos <= targetPos; pos++) {
      servo.write(pos);
      delay(44); // 4 seconds total for 90 degrees (90ms / 90)
    }
  } else if (currentPos > targetPos) {
    for (int pos = currentPos; pos >= targetPos; pos--) {
      servo.write(pos);
      delay(44); // 4 seconds total for 90 degrees (90ms / 90)
    }
  }
  currentPos = targetPos;
  Serial.print("Servo reached position ");
  Serial.println(currentPos);
}

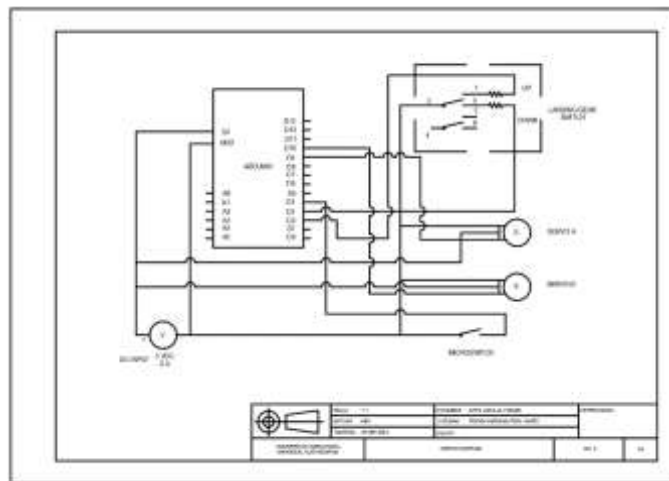
```

(b)

Gambar 5 Kode Pemrograman *Arduino* [6].

Kode pemrograman membuat *arduino* mampu mengendalikan *servo* A bergerak dari 0 derajat ke 90 derajat ketika *toggle switch* berada di posisi "down" dan kembali ke 0 derajat ketika *toggle switch* berada di posisi "up". Pergerakan *servo* ini dalam waktu 4 detik untuk mencapai tujuan, sehingga memberikan gerakan yang halus.

Saat *microswitch* ditekan *servo* B akan bergerak dari 90 derajat ke 0 derajat, dan bergerak kembali ke 90 derajat saat *toggle switch* berada di posisi "down". Program ini memastikan bahwa gerakan *servo* terkoordinasi dengan status *input* dari *switch*, memberikan kontrol yang presisi untuk di aplikasikan pada alat peraga.



Gambar 6 *Wiring Diagram* [6].

Dengan adanya pemrograman dan perakitan rangkaian listrik tersebut, memungkinkan agar alat rancang bangun dapat bekerja memerankan fungsi dari *flight spoiler* dan *ground spoiler*, walau tidak menampilkan fungsi otomatis *ground spoiler* yang terintegrasi dengan *engine thrust reverse* karena fokus hanya pada area *wing* [9].

2.2.4 Perakitan Alat Peraga Simulasi Kerja *Spoiler*

Setelah proses perancangan dilakukan, maka tahapan selanjutnya adalah proses perakitan alat peraga. Proses ini dimulai dengan pembuatan *case* menggunakan kayu balok dan tripleks yang dipotong, dihaluskan, dan digabungkan sesuai dengan desain awal. Dilanjutkan dengan pemasangan sistem hidrolis yang dibuat dengan menggunakan alat suntik dan selang yang dibuat berpasangan menjadi sistem – sistem, yang kemudian disusun agar mampu untuk menggerakkan *spoiler*. Sistem ini diambil

berdasarkan fungsi komponen hidrolik pesawat yaitu *actuator*, sebagai pengubah energi tekanan fluida menjadi energi mekanis atau gerakan [10]. Adanya perbedaan warna air dalam sistem ini berfungsi untuk membedakan fungsi hidrolik A dan B dalam alat. Dengan konfigurasi dua sistem sebagai penggerak *flight spoiler* (dipasang pada bagian tengah *lever*) dan dua sistem lainnya sebagai penggerak *ground spoiler* (dipasang pada bagian luar *lever*).



Gambar 7 Pemasangan sistem hidrolik penggerak *spoiler* [6].

Setelah selesai melakukan pemasangan sistem hidrolik, kemudian melakukan pembuatan *landing gear* yang dibuat dari pipa *PVC* dan kayu berdiameter 6,5 cm yang diintegrasikan dengan *microswitch* sebagai sensor. Sistem kelistrikan alat peraga juga turut dirakit sesuai dengan *wiring diagram* yang telah dirancang dan kemudian diinstalasikan pada *case* sesuai dengan posisinya. *Arduino* diprogram dengan menggunakan *software* aplikasi *Arduino IDE* sesuai dengan kode pemrograman yang telah dirancang sebelumnya, sehingga bisa menjalankan fungsinya.

Tahap akhir dalam proses perakitan adalah dengan melakukan pemasangan plastik mika untuk transparansi alat peraga, pembuatan pintu akses pada alat peraga, serta penggabungan antara bagian *wing structure* dengan bagian *case* dari alat peraga menggunakan *hot glue*.

2.2.5 Pengoperasian dan Pengujian Alat Peraga Simulasi Kerja *Spoiler*

Setelah proses pembuatan dan perakitan telah selesai, maka tahapan selanjutnya adalah pengoperasian alat peraga. Dengan langkah pertama dari pengoperasian adalah menyambungkan sumber daya dan menyalakan sistem kelistrikan dengan menghidupkan tombol *power*. Kemudian dilanjutkan dengan beberapa tahapan pengujian, yaitu :

1. Tahap pertama, *landing gear switch* diturunkan ke posisi *down*, diikuti dengan menurunkan *lever* ke posisi *Armed* setelah *landing gear extend*.
2. Tahap kedua, Simulasikan *touchdown* dengan menyentuh bagian bawah *wheel* pada *landing gear*. Pada momen ini, *lock lever* akan terbuka, memungkinkan *lever* berpindah ke posisi *up*, dan semua *spoiler* (*flight* dan *ground*) akan terbuka.
3. Tahap ketiga, *landing gear switch* dikembalikan ke posisi *up* dan *lever* ke posisi *down*. dilanjutkan dengan *lever* diturunkan ke posisi *flight detent*, *flight spoiler* akan terbuka untuk bekerja.
4. Tahap Keempat, kembali turunkan *landing gear switch* ke posisi *down*. Saat *wheel touchdown*, *lever* bisa dipindahkan ke posisi *up*, dan semua *spoiler* akan terbuka.
5. Tahap terakhir, *lever* dikembalikan ke posisi *down*, kemudian sistem kelistrikan dimatikan dengan tombol *power*, dan sumber daya dilepas.

6. *Flowchart* Rencana Kerja

Untuk memahami alur kerja dari proses pembuatan alat peraga simulasi kerja *spoiler*, berikut ini disajikan *Flowchart* Rencana Kerja yang menggambarkan tahapan – tahapan yang dilakukan dalam proses pembuatan.



Gambar 8 Flowchart Rencana Kerja [6].

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Pengujian

Hasil pengoperasian dan pengujian yang telah dilakukan pada alat peraga simulasi kerja *spoiler* menunjukkan bahwa semua fungsi dari alat peraga, mulai dari penggunaan tombol *power on/off*, posisi *armed*, pergerakan *landing gear*, dan pengoperasian *spoiler* bekerja dengan baik tanpa adanya kendala. Berikut disajikan tabel rangkuman hasil pengujian setiap tahapan operasional alat peraga :

Tabel 1 Hasil Pengujian Alat Peraga

No.	Tahapan	Indikasi	Hasil
1.	<i>Power ON / OFF</i>	Sistem kelistrikan dapat terhubung dan terputus sesuai <i>input</i> dari <i>switch</i>	Bekerja Dengan Baik
2.	<i>Armed Position</i>	<i>Flight Spoiler</i> dan <i>Ground Spoiler</i> membuka untuk bekerja	Bekerja Dengan Baik
3.	<i>L/G Switch Up dan Down</i>	<i>Landing Gear</i> dapat bekerja <i>Extend</i> dan <i>Retract</i>	Bekerja Dengan Baik
4.	<i>L/G Touchdown Sensor</i>	<i>Lever Lock</i> terbuka bekerja saat menerima <i>input</i>	Bekerja Dengan Baik
5.	<i>Flight Detent Position</i>	<i>Flight Spoiler</i> membuka untuk bekerja	Bekerja Dengan Baik
6.	<i>Up Positon</i>	<i>Flight Spoiler</i> dan <i>Ground Spoiler</i> membuka untuk bekerja	Bekerja Dengan Baik
7.	<i>Down Position</i>	<i>Flight Spoiler</i> dan <i>Ground Spoiler</i> dapat kembali menutup	Bekerja Dengan Baik

3.2 Persamaan dan Perbedaan Alat Peraga Dengan Sistem Pesawat

Alat peraga simulasi kerja spoiler ini bukanlah miniatur dari salah satu sistem pesawat terbang, namun alat peraga ini menjadikan salah satu sistem pesawat terbang sebagai acuan dalam pembuatannya.

Pesawat yang dijadikan acuan adalah Boeing 737 – 600/700/800/900. Tentu, terdapat sebuah persamaan dan perbedaan pada alat peraga simulasi kerja spoiler ini dengan sistem sebenarnya yang ada pada sebuah pesawat terbang. Berikut adalah beberapa persamaan dan perbedaannya :

Tabel 2 Persamaan Alat Peraga Dengan Aktual Pada Pesawat

No.	Daftar Persamaan
1.	Pesawat dan alat peraga sama-sama menggunakan dua jenis sistem hidrolik sebagai penggerak untuk spoiler, yaitu sistem hidrolik A dan sistem hidrolik B.
2.	Sistem hidrolik A pada pesawat dan alat peraga digunakan sebagai penggerak <i>Ground Spoiler</i> dan sebagian <i>Flight Spoiler</i> .
3.	Sistem hidrolik B pada pesawat dan alat peraga digunakan sebagai penggerak sebagian lainnya dari <i>Flight Spoiler</i> .
4.	Pesawat dan alat peraga memiliki jumlah spoiler yang sama dalam satu bidang sayap, yaitu berjumlah 6 <i>spoiler</i> dengan konfigurasi 4 <i>flight spoiler</i> dan 2 <i>ground spoiler</i> .
5.	Pesawat dan alat peraga memiliki letak pemosisian yang sama dalam konfigurasi <i>spoiler</i> , yaitu dengan 4 buah <i>flight spoiler</i> yang terletak di antara 2 buah <i>ground spoiler</i> yang berada di bagian <i>outboard</i> dan lainnya pada bagian <i>inboard</i> .
6.	Pesawat dan alat peraga menerapkan besaran sudut defleksi yang sama dalam kinerja <i>flight spoiler</i> dan <i>ground spoiler</i> .

Tabel 3 Perbedaan Alat Peraga Dengan Aktual Pada Pesawat

No.	Aktual Pada Pesawat	Alat Peraga
1.	Sistem hidrolik pada pesawat menggunakan komponen – komponen yang sesuai dengan <i>type design</i> yang sesuai pada pesawat.	Sistem hidrolik pada alat peraga tidak menggunakan komponen yang sebenarnya dengan pesawat, melainkan menggunakan alat suntik, selang, dan alat elektronik sebagai representasi yang mewakili sistem kerja hidrolik pada pesawat.
2.	Ukuran dan bentuk <i>spoiler</i> pada pesawat sesuai dengan <i>type design</i> yang telah dirancang pada pesawat.	Ukuran dan bentuk <i>spoiler</i> pada alat peraga tidak sesuai dengan ukuran dan bentuk sebenarnya pada pesawat, melainkan disesuaikan dengan kebutuhan dan ukuran dan alat peraga.
3.	Pada saat lever berada di posisi “armed” dan <i>landing gear</i> melakukan <i>touchdown</i> , keseluruhan <i>spoiler</i> akan terbuka untuk bekerja secara otomatis. <i>Lever</i> akan berpindah menuju posisi “up” secara otomatis.	Alat peraga tidak menampilkan kinerja otomatis dari <i>spoiler</i> pada saat dalam kondisi ini. Namun, <i>lever</i> perlu dioperasikan secara manual untuk memberikan fungsi yang sama dengan <i>lock</i> pada bagian lever yang akan terbuka secara otomatis, saat <i>landing gear touchdown</i> sehingga fungsi ini dapat dijalankan.
4.	<i>Spoiler</i> pada pesawat memiliki sistem kinerja otomatis yang terhubung dengan <i>aileron</i> . <i>Spoiler</i> berfungsi untuk membantu pergerakan pesawat terhadap sumbu <i>longitudinal axis</i> .	Alat peraga tidak menampilkan simulasi kinerja otomatis dari <i>spoiler</i> yang berhubungan dengan komponen <i>aileron</i> , karena dalam alat peraga ini tidak menampilkan bagian sayap secara utuh dan komponen dari <i>aileron</i> .

Berdasarkan kedua daftar tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa kekurangan yang ada pada alat peraga ini adalah ketidaksesuaian alat terhadap pesawat acuan dalam penggunaan jenis komponen, ukuran, bentuk, serta beberapa kinerja otomatis dari *spoiler*. Namun dibalik kekurangan tersebut terdapat kelebihan dari alat peraga yaitu dengan adanya penyederhanaan sistem yang memudahkan untuk pemahaman dan pembelajaran tanpa mengurangi fungsi dan kinerja dari *spoiler* sebagaimana dengan aslinya.

IV. KESIMPULAN

Alat peraga simulasi kerja *spoiler* ini menampilkan gambaran simulasi kerja dari komponen *spoiler* pada pesawat, dengan menjadikan alat suntik dan selang sebagai representasi sistem hidrolis penggerak *spoiler*. Walaupun bukan sebagai miniatur, alat ini menjadikan sistem pada pesawat *Boeing 737 – 600/700/800/900* sebagai acuannya. Dengan perbedaan yang tidak ditampilkan pada alat peraga adalah kesesuaian komponen, kesesuaian ukuran dan bentuk, serta kesesuaian kinerja otomatis pada saat “*armed position*” dan kinerja otomatis terhadap komponen *aileron*. Proses pembuatan alat peraga simulasi kerja *spoiler* dimulai dengan pembuatan desain menggunakan aplikasi *AutoCAD* yang kemudian hasilnya dicetak dengan menggunakan *3D printing*. Proses ini juga meliputi pemotongan dan pembentukan material dan sistem hidrolis serta pemasangan komponen elektronik sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Diakhiri dengan tahapan pengujian pengoperasian untuk memastikan alat dapat bekerja sesuai dengan desain perancangan. Sistem hidrolis pada alat peraga simulasi kerja *spoiler* yang diatur untuk dapat menggerakkan *flight spoiler* dan *ground spoiler* mampu bekerja dengan baik, serta pemrograman *arduino* pada alat peraga juga berhasil untuk menggerakkan *lock* pada *lever* dan penggerak *landing gear* untuk melakukan *extend* dan *retract*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A. A. U.S.Department of Transportation, *Aviation Maintenance Technician Handbook - General (FAA-H-8083-30A)*. 2018.
- [2] F. A. A. U.S.Department of Transportation, *Aviation Maintenance Technician Handbook - Airframe Volume 1 (FAA-H-8083-31)*, vol. 1. 2018.
- [3] G. AeroAsia, *Basic Aircraft Maintenance Category A1.4 Module 9 – Aircraft Structure (Training Handbook)*. 2018.
- [4] O. S. Airline, *B737- -600/700/800/900 General Familiarization*. 2007.
- [5] S. Triatmodjo, “Fungsi Gambar dalam Memproses Perancangan Interior pada Masa Pandemi Covid-19,” *Panggung*, vol. 32, pp. 120–137, 2022.
- [6] A. A. AL Farabi, “Dokumentasi Pribadi.” 2024.
- [7] T. H. Saputra, Herianto, and H. A. Pamasaria, “Analisa Pengaruh Pemilihan Komponen Terhadap Ketelitian Dimensi Dan Kualitas Permukaan Produk Pada Mesin 3D Printing Jenis FDM (Fused Deposition Modelling) Tri,” *Semin. Nas. IENACO – 2019*, pp. 208–214, 2019.
- [8] Z. Khalid, S. Achmady, and P. Agustini, “Otomatisasi Sistem Keamanan Kunci Lemari Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Arduino Uno,” *J. TEKSAGRO*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [9] D. Crane, *Aviation Maintenance Technician Series Airframe Volume 1: Structures*, vol. 1. NEWCASTLE, WASHINGTON: Aviation Supplies & Academics, Inc., 2006.
- [10] F. A. A. U.S.Department of Transportation, “Aviation Maintenance Technician Handbook - Airframe Volume 2 (FAA-H-8083-31),” vol. 2, p. 564, 2018.