

Analisis Kebocoran Outboard Ground Spoiler Actuator Boeing 737-800 Menggunakan Metode Root Cause Failure Analysis

Fabianus Wahyu Tri Buana Pustha^{1*}, Muslimin¹, dan Ngadirin²

¹Program Studi Perawatan Mesin dan Rangka Pesawat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²PT.GMF Aeroasia, Jl. GMF Aeroasia, Pajang, Benda, Kota Tangerang, Banten 15126

Abstrak

Ground spoiler merupakan salah satu secondary flight control yang berfungsi untuk memperlambat laju pesawat saat di landasan. Ground spoiler pada pesawat digerakan oleh tenaga hidrolik yang diubah menjadi tenaga mekanik oleh actuator. Performa ground spoiler akan menurun jika terjadi kebocoran pada sistem hidrolik. Sebuah kasus kebocoran outboard ground spoiler actuator yaitu terjadi pada pesawat Boeing 737-800NG. Dampak dari kebocoran tersebut adalah pesawat membutuhkan runway yang lebih panjang untuk mendarat dan berpotensi terjadinya overshoot. Penelitian ini membahas penyebab utama kebocoran outboard ground spoiler actuator dengan metode root cause analysis (RCA) dan solusinya. Hasil RCA menunjukkan kebocoran outboard ground spoiler actuator disebabkan oleh kegagalan seal berupa ekstrusi (extrusion). Extrusion ini dapat dianalisis dari deformasi dan kerusakan pada permukaan seal. Penyebab terjadinya extrusion yaitu karena tekanan operasi tinggi. Solusi kebocoran outboard ground spoiler actuator yaitu dengan penggantian seal. Langkah pencegahan yaitu dengan melakukan pengecekan sistem pemberi tekanan hidrolik.

Kata-kata kunci: Boeing 737-800NG, ground spoiler, kebocoran, actuator, seal, RCA

Abstract

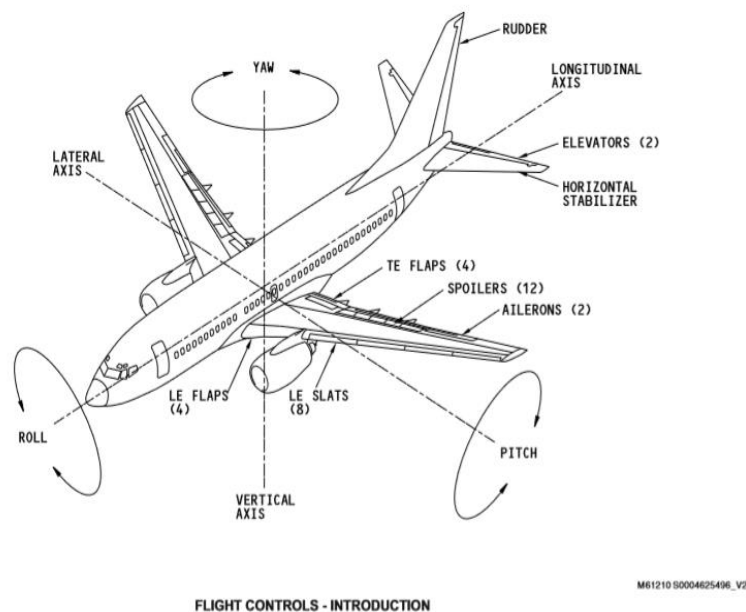
The ground spoiler is a secondary flight control that functions to slow down the aircraft while on the runway. The ground spoiler on the aircraft is driven by hydraulic power which is converted into mechanical power by the actuator. The ground spoiler performance will decrease if there is a leak in the hydraulic system. A case is an actuator outboard ground spoiler leak that occurred on a Boeing 737-800NG aircraft. The impact of these leaks is that the aircraft requires a longer runway to land and has the potential for overshoot. This study discusses the main causes of actuator outboard ground spoiler leaks with the root cause analysis (RCA) method and is looking for a solution. RCA results show an outboard ground spoiler actuator leak caused by seal extrusion failure. This extrusion can be analyzed from the deformation and damage to the seal surface. The cause of extrusion is due to the high operating pressure. The solution for the outboard ground spoiler actuator leak is by seal replacement. Prevention steps are by checking hydraulic pressurized system.

Keywords: Boeing 737-800NG, groundspoiler, leakage, actuator, seal, RCA

* Corresponding author E-mail address: fabianus.9411@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pesawat terbang memiliki *flight control surfaces* untuk mengendalikan pergerakan pesawat baik itu di udara maupun di darat. *Flight control surfaces* terbagi menjadi dua bagian yaitu *primary* dan *secondary*. *Primary control surfaces* adalah bidang kendali utama pesawat untuk dapat bergerak pada sumbu geraknya, yaitu meliputi *elevator* untuk gerakan *pitching* atau mengangguk, *rudder* untuk gerakan *yawing* atau menggeleng dan *aileron* untuk gerakan *rolling* atau mengguling. *Secondary flight control* adalah bidang kendali yang ada untuk membantu kerja pilot mengendalikan pesawat, meliputi *trimable horizontal stabilizer*, *flap*, *slat* dan *spoiler*. *Flight control surfaces* sangat vital keberadaannya untuk menunjang operasional pesawat, untuk itu keadaannya harus terus dijaga agar dapat beroperasi dengan baik. Namun, beberapa permasalahan pada *flight control surfaces* tidak jarang terjadi. *Primary* dan *secondary flight control* pada pesawat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Primary dan secondary flight control surfaces*

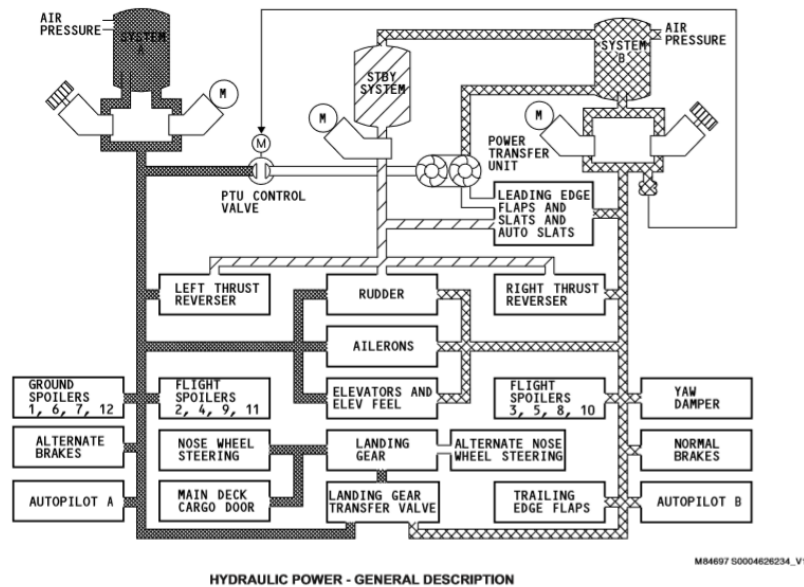
Flight control surfaces pada pesawat komersil modern menggunakan tenaga hidrolik untuk menggerakannya. Tenaga hidrolik ini diberikan oleh sistem hidrolik pesawat. Tenaga hidrolik ini kemudian di salurkan hingga sampai ke *flight control surface actuator*. *Actuator* akan mengubah tenaga hidrolik tersebut menjadi tenaga mekanik untuk menggerakkan *flight control surfaces*. Kelebihan menggunakan tenaga hidrolik adalah pilot dapat menggerakkan bidang *flight control surfaces* yang lebih besar dengan tenaga yang minimum. Kekurangan tenaga hidrolik adalah banyaknya komponen yang harus digunakan. Komponen hidrolik memiliki potensi kerusakannya masing-masing. Kerusakan pada komponen hidrolik dapat menyebabkan permasalahan hidrolik. Salah satu permasalahan hidrolik yaitu *hydraulic leakage*. *Hydraulic leakage* atau kebocoran hidrolik dapat menyebabkan *flight control surfaces* tidak menerima tekanan yang diinginkan untuk menggerakannya. Dampaknya adalah pesawat tidak dapat bergerak dengan sempurna sesuai keinginan pilot. Skema *hydraulic power* ditunjukkan pada Gambar 2.

Analisis dalam penelitian ini adalah permasalahan yang terjadi pada pesawat Boeing 737-800NG, yaitu terjadinya kebocoran *outboard ground spoiler actuator*. Kebocoran ini diketahui dengan cara pemeriksaan visual oleh mekanik di lapangan serta pengujian di workshop. Kebocoran ini mengakibatkan *Ground spoiler panel* tidak dapat berfungsi secara normal sebagai rem *airbrake* atau rem ketika mendarat. Kebocoran juga jika dibiarkan terus menerus akan mengurangi fluida hidrolik yang ada pada sistem. Dampaknya keseluruhan pada pesawat adalah pesawat memerlukan landasan yang lebih panjang untuk mendarat dan berpotensi untuk terjadinya *overshoot*.

Metode pada penelitian ini menggunakan metode *root cause failure analysis*. Metode ini dilakukan dengan urutan tahapan yaitu, *reporting an accident or problem*, *incident classification*, *data gathering*, *design review*,

application/maintenance review, observation and measurement, determining the root cause, cost benefit analysis, report and recommendation, and verify corrective action. Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebab kebocoran *outboard ground spoiler actuator*.
2. Menganalisis penyebab kebocoran *outboard ground spoiler actuator* dengan metoda RCFA.
3. Mengetahui solusi untuk mengatasi kebocoran *outboard ground spoiler actuator*.

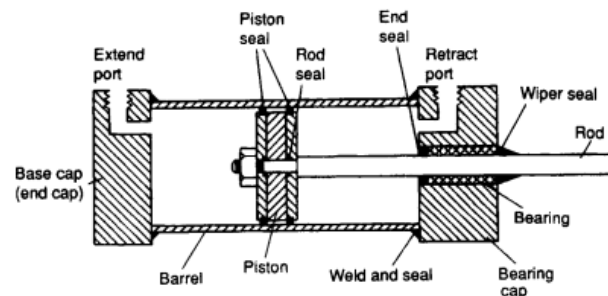


Gambar 2. Hydraulic power schematic

2. TINJAUAN TEORI

Actuator

Sistem hidrolik atau pneumatik pada umumnya bertujuan untuk menggerakkan atau menerapkan kekuatan pada suatu objek. Aktuator digunakan untuk mencapai tujuan tersebut. Aktuator dibagi menjadi tiga tipe dasar. Aktuator linier, seperti namanya digunakan untuk memindahkan objek atau menerapkan gaya dalam garis lurus.

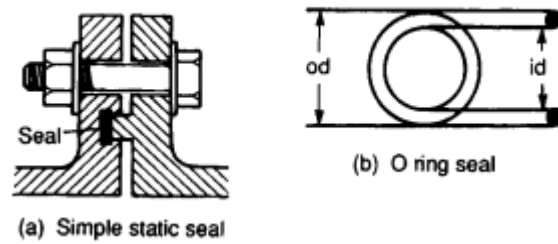


Gambar 3. Construction of a typical cylinder

Aktuator putar, adalah aktuator hidrolik maupun pneumatik yang setara dengan motor listrik. Jenis aktuator ketiga digunakan untuk mengoperasikan katup kontrol aliran untuk kontrol proses gas, cairan atau uap. Aktuator ini umumnya dioperasikan secara pneumatik.

Seal

Kebocoran dari sistem hidrolik atau pneumatik bisa menjadi penyebab utama masalah. Kebocoran dapat menyebabkan hilangnya efisiensi, peningkatan penggunaan daya, kenaikan suhu, kerusakan lingkungan dan bahaya keselamatan. Karena itu seal digunakan untuk mencegah kebocoran (atau mengatur kebocoran sesuai toleransi). Seal menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan dalam perancangan aktuator.



Gambar 4. Static seal

Ekstrusi

Kerusakan pada seal yang disebabkan oleh celah antara komponen yang bergerak dan tempat seal. Celah yang berlebihan memungkinkan seal untuk berubah bentuk mengikuti besarnya celah ketika diberikan tekanan yang tinggi. Ekstrusion menyebabkan material rusak atau bahkan putus.

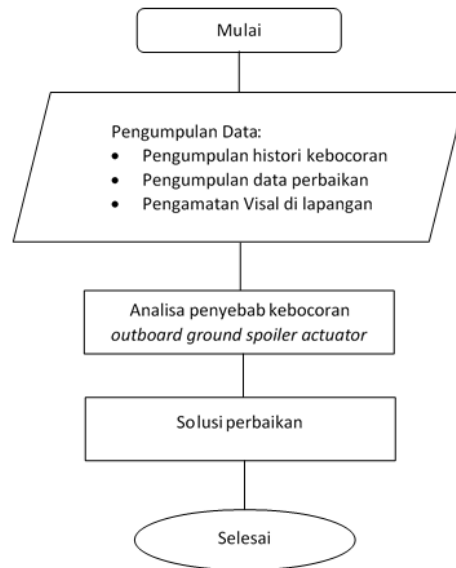


Gambar 5. Ekstrusi pada seal plastic.

3. METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukan data Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 6. Alur Penelitian

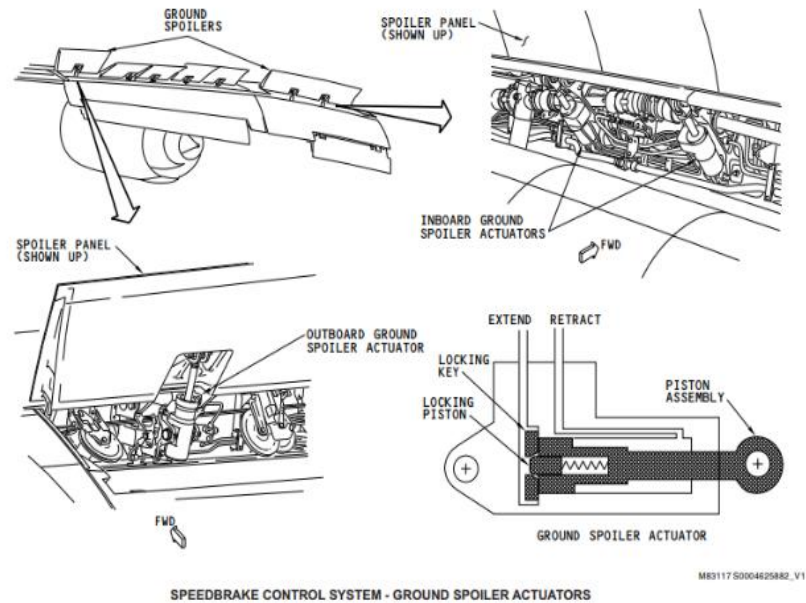
Penjelasan dari diagram alir diatas yaitu:

1. Pengumpulan Data. Pengumpulan data histori kebocoran *outboard ground spoiler actuator* yang pernah terjadi selama kurun waktu dua tahun terakhir, data perbaikan yang dilakukan di *hydraulic shop* pada pemasangan yang didapat dari data histori selama dua tahun terakhir serta pengamatan visual pada *outboard ground spoiler actuator* disertai dengan wawancara tenaga ahli dilapangan mengenai permasalahan kebocoran yang terjadi.
2. Analisa penyebab kebocoran. Berdasarkan data yang diperoleh, analisa dilakukan mengacu kepada teori yang berlaku dan sesuai dengan permasalahan.
 - Analisis mekanisme penyebab kebocoran *outboard ground spoiler actuator*
 - Metode yang digunakan untuk menganalisis permasalahan ini adalah RCFA (*Root Causes Failure Analysis*), yaitu metode untuk mencari akar masalah dengan mengisolasi kemungkinan-kemungkinan mengapa masalah tersebut terjadi, dengan pendekatan yang sistematis sehingga didapatkan solusi bagi masalah tersebut.
 - Analisa kondisi *ground spoiler actuator*
 - Mengetahui kondisi aktuator yang mengalami kebocoran dengan cara menguji fungsi aktuator dan membongkar aktuator tersebut. Bagian-bagian aktuator tersebut kemudian diidentifikasi secara visual berdasarkan ciri-ciri fisik mengenai kondisinya untuk dilakukan pengecekan dan pengukuran.
3. Solusi perbaikan. Menentukan solusi perbaikan yang bisa digunakan pada kasus tersebut dan menentukan langkah-langkah perawatan agar kejadian tersebut tidak terjadi lagi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

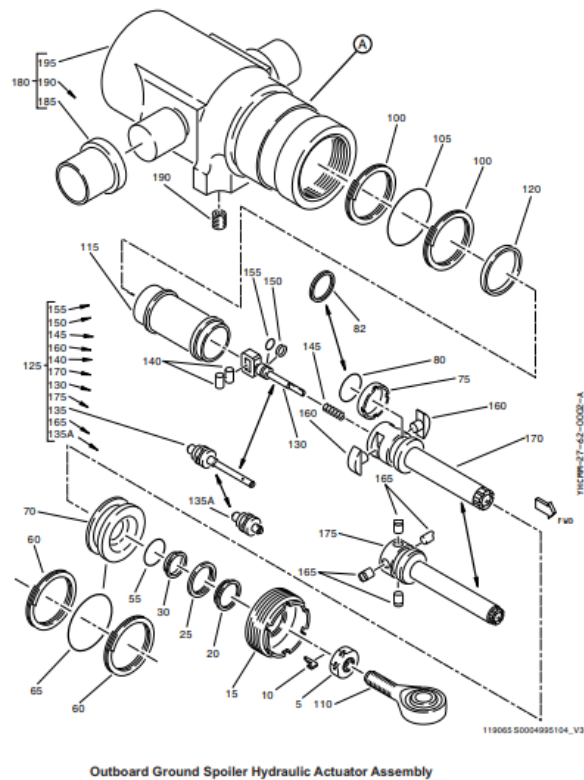
Hasil dari analisa dan data yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi speed brake control system – ground spoiler actuator pada pesawat Boeing 737-800NG adalah di bagian sayap seperti ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Speed brake control system [4]

2. Ground spoiler hydraulic assembly terdiri atas banyak komponen seperti ditunjukkan pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Ground spoiler hydraulic actuator assembly

Seal merupakan komponen ground spoiler yang paling kritis karena sering mengalami kerusakan. Seal ditunjukkan oleh komponen nomor 30 pada Gambar 4 di atas.

Data Histori Kerusakan

Histori kerusakan outboard ground spoiler actuator dalam kurun waktu dua tahun terakhir yaitu ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Sumber: PT.GMF Aeroasia (Seizin PT.GMF Aeroasia)

Data Histori Kerusakan ground spoiler actuator						
PN	Kejadian	A/C	TSN (FH)	TSI (FH)	CSN (Cycle)	CSI (Cycle)
65C26864-3	Pertama	PK-GEP	43704.35	6768.35	27942	6009
65C26864-3	Kedua	PK-GEP	46914.37	10107.37	36338	9077

Dari histori kerusakan spoiler pada pesawat tipe Boeing 737-800NG dalam kurun waktu dua tahun diatas, kerusakan dialami sebanyak dua kali yaitu pada tahun 2017 dan 2018. Analisa pada kasus ini untuk mengetahui kenapa kejadian ini dapat terjadi dan terulang pada pesawat yang sama.

Data Perbaikan

Data perbaikan yang dilakukan pada outboard ground spoiler actuator dalam kurun waktu 2 tahun terakhir adalah ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. (Sumber: PT.GMF Aeroasia (Seizin PT.GMF Aeroasia) Data Perbaikan gorund spoiler actuator

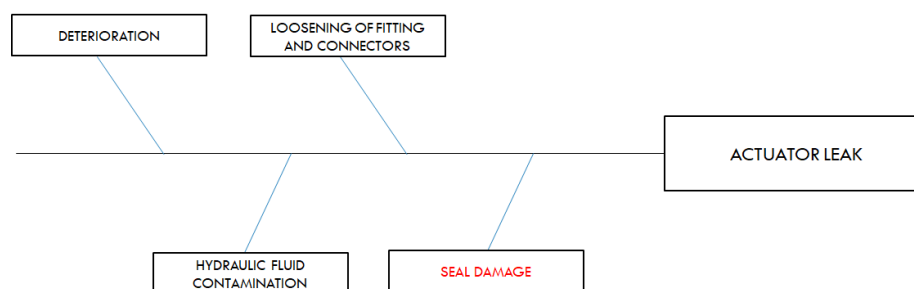
PN	Kejadian	Workshop Finding	Rectification
65C26864-3	Pertama	Seal damage	Replace with new part
65C26864-3	Kedua	Seal damage	Replace with new part

Berdasarkan data perbaikan diatas ditemukan bahwa penyebab dari kebocoran kedua *actuator* tersebut serupa. Perbaikan yang dilakukan juga idientik, yaitu dengan mengganti seal yang rusak.

Analisa Terjadinya Kebocoran *Outboard Ground Spoiler Actuator Leak*

1. Analisa menggunakan metode RCFA

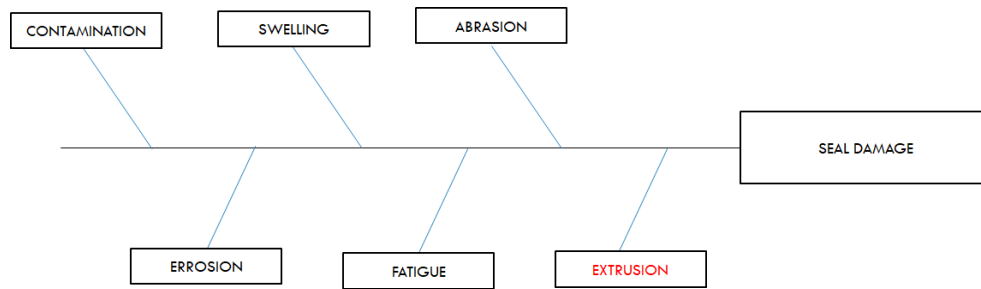
Tools analisis yang digunakan dalam analisis kebocoran ground spoiler adalah *fishbone diagram* seperti ditunjukkan pada Gambar 9 berikut. Potensi penyebab-penyebab kebocoran ini terdapat dalam *component maintenance manual* pesawat Boeing 737-800NG [5].



Gambar 9. *Fishbone Diagram* Kebocoran *Outboard Ground Spoiler Actuator*

Berdasarkan fishbond diagram diatas, faktor penyebab terjadinya kebocoran pada outboard ground spoiler actuator disebabkan oleh wear of seal (seal damage). Faktor tersebut disimpulkan dari Component Maintenance Manual (CMM) ouboard ground spoiler actuator. Data dari perbaikan yang dilakukan juga menemukan factor yang sama dalam permasalahan kebocoran tersebut. Seal damage yaitu seal mengalami kerusakan dan tidak dapat berfungsi dengan baik lagi. Seal yang telah mengalami kerusakan mengakibatkan fluida bocor sebagai indikasi external leakage. Analisa untuk mengetahui mengapa kejadian tersebut bisa

terjadi dibutuhkan. Analisis penyebab potensial terjadinya *seal damage* sesuai CMM dengan menggunakan *fishbond diagram* ditunjukkan pada Gambar 10 sebagai berikut.



Gambar 10. *Fishbond* Diagram Kerusakan Seal

Berdasarkan kondisi fisik seal damage dua kasus di atas, penyebab terjadinya *wear of seals* adalah *extrusion*. Pembuktian *extrusion* merupakan penyebab *seal damage*, maka dilakukan analisis lebih lanjut.

2. Pengecekan Secara Visual

Seal yang telah rusak kemudian di inspeksi secara visual mengenai jenis ciri-ciri fisik kerusakannya dan dibandingkan dengan acuan teori yang digunakan. Berdasarkan inspeksi secara visual, didapati bahwa terjadi deformasi yang signifikan terhadap bentuk seal seperti ditunjukkan pada Gambar 12 sebagai berikut.



Gambar 12. Terjadi deformasi pada seal ditunjukkan oleh gambar (a). Gambar (b) menunjukkan seal yang rusak secara utuh.

Berdasarkan identifikasi berupa pengecekan secara visual, kerusakan seal yang terjadi masuk dalam kategori visual berupa ekstrusi. Ekstrusi terjadi dikarenakan seal mendapatkan tekanan yang cukup tinggi pada *gap* antara *housing* dan *piston rod* saat pengoperasian.

3. Hasil Pengujian Setelah Penggantian Seal

Berdasarkan hasil pengecekan secara menyeluruh berdasarkan CMM (*Component Maintenance Manual*), maka perbaikan dilakukan dengan menggantikan seal. Seal ini kemudian dilakukan ujian tekanan dengan menggunakan peralatan standar seperti ditunjukkan pada Gambar 11. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut:

Gambar 11. *Functional test actuator* setelah dilakukan pergantian seal.Tabel 3. (Sumber: PT.GMF Aeroasia (Seizin PT.GMF Aeroasia) Hasil Pengecekan kebocoran *Outboard Ground Spoiler Actuator*

Activites	Kejadian Pertama		Kejadian Kedua	
	Preliminary Test	Final Test	Preliminary Test	Final Test
Perform proof pressure test	Failed	Passed	Passed	Passed
Check external leakage	N/A	Passed	Failed	Passed
Check piston stroke	N/A	Passed	N/A	Passed
Check piston free play	N/A	Passed	N/A	Passed
Check unlock pressure	N/A	Passed	N/A	Passed

(Sumber: PT.GMF Aeroasia (Seizin PT.GMF Aeroasia))

Berdasarkan hasil tabel diatas,ditemukan bahwa pada kedua kasus tersebut memiliki perbedaan hasil saat dilakukan pengcekan kebocoran. Pada kejadian pertama *actuator* tidak dapat lulus uji saat melakukan pengujian *perform proof pressure test*, yaitu ditemukan bukti *external leakage*. Pada kejadian kedua *actuator* dapat lulus uji *perform proof pressure test*,namun tidak lulus uji saat melakukan *check external leakage* yaitu ditemukan 3 tetesan fluida saat pengujian.Seaharsunya tetesan tidak boleh lebih dari satu menurut *Component Maintenace Manual* (CMM). Dari tabel diatas juga dapat diketahui bahwa setelah melakukan pergantian seal,hasil *final test* menunjukkan “*passed*” yang berarti *actuator* telah kembali ke kondisi normal menurut toleransi *Component Maintenance Manual*. Dapat disimpulkan bahwa penyebab kebocoran dari kedua *outboard ground spoiler actuator* tersebut adalah *seal damage* dan solusi perbaikan dari kejadian ini adalah dengan mengganti seal lama dengan seal baru.

Solusi Perbaikan

Berdasarkan data yang didapatkan dari analisa menggunakan metode root cause failure analysis (RCFA) didapatkan hasil bahwa penyebab kebocoran adalah seal yang rusak.Seal yang rusak ini kemudian di inspeksi secara visual untuk mencari tau penyebab seal tersebut rusak. Data yang didapatkan dari ciri-ciri fisik tersebut mengindikasikan penyebabnya adalah Ekstrusi. Ekstrusi merupakan bentuk kerusakan yang disebabkan seal mendapatkan tekanan yang cukup tinggi pada *gap* antara *housing* dan *piston rod* saat pengoperasian. Hasil analisa tersebut kemudian digunakan untuk menentukan solusi perbaikan dan perawatan agar kejadian serupa tidak terulang kembali. Berikut solusi perbaikan yang dihasilkan:

1. Melakukan penggantian seal.
2. Melakukan pengecekan sistem pemeberi tekanan hidrolik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode *fishbone* diagram, kebocoran yang terjadi pada *outboard ground spoiler actuator* adalah ekstrusi yang terjadi pada seal.
2. Berdasarkan hasil pengecekan secara menyeluruh didapatkan bahwa penggantian seal dapat memperbaiki *actuator* hingga tidak lagi terjadi kebocoran.
3. Analisa yang dilakukan secara visual pada seal yang rusak tersebut, didapatkan bahwa tipe kerusakannya adalah ekstrusi, yang diakibatkan oleh tingginya tekanan saat pengoperasian seal.
4. Solusi agar kebocoran *outboard ground spoiler actuator* tidak terjadi lagi adalah dengan melakukan penggantian seal dan melakukan pengecekan system pemberi tekanan hidrolik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada PT. GMF AeroAsia atas kesempatan dan dukungan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

1. R. K. Mobley, *Root Cause Failure Analysis*. United States of America (1943)
2. System Seals Company, *Seal Failure Handbook* (2017)
3. Eaton Company, *Hydraulics Hint and Troubleshooting Guides* (1996)
4. Boeing Company, *Component Maintenance Manual*. Seattle, Washington (1995)
5. Boeing Company, *737-600/700/800/900 Aircraft Maintenance Manual*. USA (2017)
6. GMF AeroAsia, *Basic Aircraft Maintenance Training Manual – Module 19: Aircraft Structure*. Jakarta (2015)
7. Robert Flitney, *Seals and Sealing Handbook*. United Kingdom (2007)
8. Andrew Parr, *Hydraulics and Pneumatics A technician's and engineer's guide*. Great Britain (1998)
9. George E Totten, *Handbook of Hydraulics Fluid Technology*. New York (2000)