

ANALISIS KEBOCORAN SISTEM HIDROLIK PADA LANDING GEAR PESAWAT AIRBUS A330 SERIES MENGGUNAKAN METODE PDCA

Yudhi Chandra Dwiaji¹, Anta Sura²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Email: yudhichandra7@gmail.com¹, antasura777@gmail.com^{2*}

ABSTRACT

The landing gear of the Airbus A330 aircraft uses a green hydraulic system, which is currently still found several leaks which result in a decrease in flight safety because the propulsion force on the landing gear does not function normally so it must use the freefall system when landing. This study analyzes the events that cause leaks of the flexible hose system, swivel valve and pitch trimmer. Flexible hose in Aircraft's Maintenance Manual has no limitations when a rupture occurs, while for swivel and pitch trimmers there are still limitations so that research is more directed towards the causes of leaks in flexible hoses. The hydraulic system leak data was taken in January 2020 – December 2020 with a total of 49 cases of leaking hydraulic system cases in the landing gear area, where flexible hose has a very high leakage rate compared to other cases. To identify the causes of hydraulic system leaks, this study uses ultrasonic internal leak measurement tools and hydraulic fluid analysis methods. Internal leak is used to determine hydraulic flow, while fluid analysis is to determine contamination of hydraulic fluid. In measuring the internal leak, the results are satisfied so that it is known that the flow rate is not the cause of the leak. While in fluid analysis measurements, from 10 registrations there were 5 registrations that obtained particle contamination results. Improvement progress using the PDCA method is expected to reduce the level of risk of leakage in the hydraulic system by making an engineering order (EO).

Keywords: Ultrasonik internal leakage, flexible hose, engineering order

ABSTRAK

Landing gear pesawat udara Airbus A330 menggunakan green hydraulic system yang saat ini masih ditemukan beberapa kebocoran yang mengakibatkan turunnya keselamatan penerbangan karena tenaga penggerak pada landing gear tidak berfungsi secara normal sehingga harus menggunakan sistem freefall pada saat melakukan pendaratan. Penelitian ini melakukan analisa terhadap kejadian yang menjadi penyebab bocornya sistem flexible hose, swivel valve serta pitch trimmer. Flexible hose dalam Aircraft's Maintenance Manual tidak terdapat limitasi ketika terjadi rupture (pecah), sedangkan untuk swivel dan pitch trimmer masih terdapat limitasi sehingga penelitian lebih mengarah terhadap penyebab kebocoran pada flexible hose. Data kebocoran sistem hidrolis diambil pada bulan Januari 2020 – Desember 2020 dengan total kasus sistem hidrolis bocor pada landing gear area sebanyak 49 kasus, dimana flexible hose memiliki tingkat kebocoran yang sangat tinggi jika dibandingkan kasus lainnya. Untuk mengidentifikasi penyebab kebocoran sistem hidrolis, penelitian ini menggunakan metode pengukuran tool ultrasonic internal leak dan hydraulic fluid analysis. Internal leak digunakan untuk mengetahui flow/aliran hidrolis sedangkan fluid analysis untuk mengetahui kontaminasi cairan fluida hidrolis. Dalam pengukuran internal leak memperoleh hasil satisfied sehingga diketahui bahwa laju flow/aliran bukan penyebab terjadinya kebocoran. Sedangkan dalam pengukuran fluid analysis, dari 10 registrasi terdapat 5 registrasi yang memperoleh hasil terkontaminasi partikel. Kemajuan perbaikan menggunakan metode PDCA diharapkan mampu mengurangi tingkat resiko kebocoran pada sistem hidrolis dengan membuat engineering order (EO).

Kata kunci: Ultrasonik internal leakage, flexible hose, engineering order

1. Pendahuluan

Sistem yang bekerja pada *landing gear*. salah satunya adalah sistem hidrolik yang ada pada component *landing gear*. *Green hydraulic system* dan *blue hydraulic system* merupakan sistem hidrolik yang dipakai pada landing gear pesawat Airbus A330. Kerusakan yang sering ditemukan pada Landing gear adalah kebocoran (*leak*) yang terjadi pada komponen utama landing gear antara lain pada *manifold*, *flexible hose*, *pitch trimmer actuator* dan *swivel valve*[1].

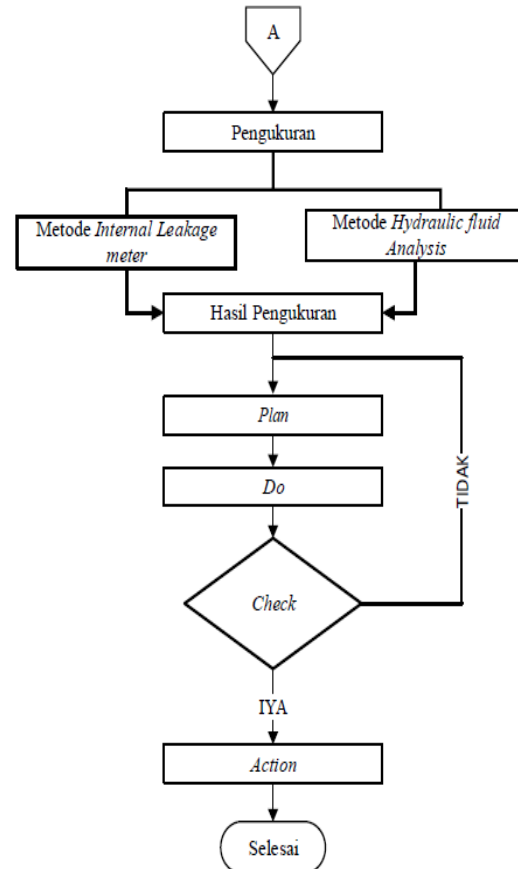
Kerusakan pada minyak hidrolik dapat diakibatkan oleh beberapa kemungkinan, diantaranya adalah kontaminasi, yaitu kerusakan oli dari pengaruh luar oli. Bahan atau material kontaminasi bias berupa zat padat, zat cair ataupun gas. Misalnya tercampur air dari sistem pendingin yang bocor, masuknya uap air dan debu dari udara luar melalui *breather* (lubang pernapasan), saluran pengisian, atau ketika sistem dibuka ketika melakukan perawatan[2].

Pendeteksi kebocoran pipa dan sistem lokasi sangat penting dalam manajemen jalur pipa untuk alasan keamanan[3]. Penentuan kebocoran tidak terlepas dari proses pengukuran dan pengamatan untuk meyakinkan bahwa telah terjadi kebocoran pada sistem hidrolik baik secara langsung dilapangan dengan melakukan *detailed visual inspection external area* dan *functional test* menggunakan *tool internal leakage meter* untuk mendapatkan hasil perawatan yang maksimal.

Namun permasalahan yang sering terjadi adalah ketika hasil dari *functional test internal leak* menunjukkan hasil satisfied pada saat pengukuran namun masih terdapat temuan (*finding*) adanya kebocoran pada sambungan *flexible hose* pada saat melaksanakan *visual inspection external leak*, Penelitian ini mencari alternatif metode perencanaan perbaikan untuk meminimasi jumlah kebocoran seperti membuat perintah kerja berupa *Engineering Order* untuk melakukan *hydraulic sampling* secara berkala dan melakukan *replacement* pada *flexible hose* setiap dua kali C-check (4 tahun).

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan dua buah metode pengukuran yaitu metode *internal leakage meter* dan *hydraulic fluid analysis*. Hal ini dilakukan untuk lebih meyakinkan penyebab kebocoran sistem hidrolik di *landing gear* pada pesawat Airbus A330 series.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

1. Metode *internal leakage meter* adalah mengukur tingkat kebocoran dalam system hidrolik berdasarkan prinsip perbedaan waktu transit sinyal ultrasonik. Sinyal ultrasonik dikirim oleh transduser ke dalam pipa, yang dipantulkan pada dinding pipa bagian dalam sisi berlawanan dan kembali ke transduser. Sinyal-sinyal ini dipancarkan secara bergantian diarah aliran dan melawannya. Karena media di mana sinyal merambat mengalir, waktu transit sinyal suara merambat ke arah aliran lebih pendek dari waktu transit sinyal yang merambat arah aliran. Perbedaan waktu transit Δt

diukur dan memungkinkan penentuan kecepatan aliran rata-rata di jalur propagasi sinyal ultrasonik.

2. Metode *hydraulic fluid analysis* adalah mengukur nilai kebersihan cairan menjadi lebih canggih dan efektif berupa *total acid number, water content, kinematic viscosity, sulfur, density, particle size, NAS class* sehingga aman untuk digunakan. Pengujian dilakukan di Laboratorium dengan memberikan sampling fluida hidrolik sistem green yang diambil dari *reservoir green system* sebanyak 0,2 L.

Plan Do Check Action (PDCA)

Siklus *Plan-Do-Check-Action* atau yang sering disebut siklus PDCA adalah bagian dari continuous improvement yang di cetuskan oleh W. Edwards Deming. Menurut Umi Nurillah (2017), Deming menekankan perlunya interaksi berkesinambungan antara riset, desain, produksi dan penjualan. Sebaliknya siklus PDCA menegaskan bahwa setiap tindakan manajemen dapat disempurnakan dengan cara menerapkan urutan kerja secara hati-hati : *plan, do, check, action*.

Plan. Langkah ini terdiri dari analisa sebab akibat, serta upaya perbaikan yang dilakukan untuk mengurangi kebocoran yang disebabkan oleh *flexible hose*. Proses plan adalah dengan membuat rencana perbaikan dengan memenuhi syarat 5W+1H. Analisa sebab akibat yang menerangkan kemungkinan terjadinya kontaminasi pada fluida hidrolik sehingga menyebabkan kebocoran di *landing gear* yaitu pada *flexible hose*.

Do. Langkah ini untuk proses yang akan dilakukan untuk mewujudkan apa yang menjadi upaya perbaikan agar sistem hidrolik pada area *landing gear* bisa diminimasi. Sampai pada saat ini *reliability* dari *flexible hose* tidak valid. Setiap interval 6 tahun akan dilakukan *replacement flexible hose* berdasarkan *maintenance program (MP)* namun *flexible hose* masih memiliki tingkat kebocoran yang tinggi. Sikap yang diambil adalah dengan menerbitkan sebuah *Engineering Order (EO)* berupa *replacement flexible hose* dan *end of maintenace*.

Check. Langkah ini untuk mengetahui adanya perubahan yang terjadi antara sebelum dan sesudah upaya perbaikan yang dilaksanakan. Implementasi *engineering order (EO)* baru diturunkan awal tahun 2021 untuk sistem hidrolik pada pesawat A330 milik Garuda Indonesia dengan Aircraft Registration PK-GPD. Tidak ada *record* untuk *internal leakage* setelah dilakukan perbaikan perawatan pada sistem hidrolik.

Action. Langkah ini untuk melaksanakan standarisasi agar upaya perbaikan dapat dijalankan secara berkala dengan melakukan *hydraulic fluid analysis* untuk memastikan kualitas dari fluida hidrolik dan mencegah terjadinya kebocoran sistem hidrolik di *landing gear* dan dapat ditambahkan lagi untuk perbaikan yang lainnya jika ada.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran *Internal Leakage Meter*

Hasil pengukuran menggunakan alat *Ultrasonic internal leakage meter* yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa flow/aliran laju hidrolik pada sistem green masih pada kondisi yang diijinkan atau limit. Hasil ini sepenuhnya tidak menerangkan bahwa kemungkinan penyebab terjadinya kebocoran disebabkan karena faktor laju aliran pada hydraulic line pada sistem hidrolik.

Tabel 1 Data hasil pengukuran menggunakan *tool ultrasonic internal leakage meter*

No	Registrasi	INTERNAL LEAKAGE METER			
		Sistem	Nilai (Usgal.mn)	Nilai (l.mn)	Hasil
1	PK-ABC	Green	3.75	14.195294.	Satisfied
2	PK-DEF	Green	2.60	9.842071	Satisfied
3	PK-GHI	Green	2.42	9.160697.	Satisfied
4	PK-JKL	Green	0.43	1.627727	Satisfied
5	PK-MNO	Green	0.59	2.233393	Satisfied
6	PK-PQR	Green	3.75	14.195294	Satisfied
7	PK-STU	Green	1.77	6.700179	Satisfied
8	PK-PWX	Green	2.60	9.842071	Satisfied
9	PK-YZA	Green	3.75	14.195294	Satisfied
10	PK-BCD	Green	1.94	7.343699	Satisfied

Data hasil pengukuran diperoleh secara langsung saat melakukan functional test Internal leakage pada hidrolik sistem *green*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa flow/aliran pada sistem *green hydraulic* dalam keadaan memuaskan atau masih pada batas yang diijinkan sesuai dengan *Aircraft Maintenance Manual*. Nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran tidak boleh melebihi batas yang disebutkan. Batas nilai yaitu tidak lebih dari 15.5 l.min (4.0946 USgal.mn)



Gambar 1 Pengukuran Internal Leakage meter (PT GMF Aeroasia, 2020)

Hasil pengukuran internal leakage menyatakan tidak ada terjadi kebocoran pada sistem hidrolik yang disebabkan karena aliran fluida hidrolik disetiap *tubing* hidrolik sistem *green* memiliki nilai aliran yang masih pada batas yang diijinkan atau *within limit*.

Pengukuran Hydraulic Fluid Analysis

Untuk lebih memastikan bahwa penyebab kebocoran sistem hidrolik, metode pengujian *hydraulic fluid analysis* dilakukan pada fluida *green hydraulic system*. Pengujian dilaksanakan di laboratorium test PT Trakindo Utama Analysis Laboratory yang merupakan tempat dilakukannya pengujian analisa fluida hidrolik. Hasil pemgujian pada Tabel 2.

Tabel 2 Salah satu hasil pengujian *fluid analysis* PK-ABC

Parameter	Units	Method	Result	Min	Max	Specification Reference
Total Acid Number	mg /KOHg	ASTM D664	0.7326			specification : Hydraulic Aviation Fluid Analysis Criteria
Density @23 +/--3°C	Kg/m3	ASTM D1217	1050	970	1066	
Water Content	ppm	ASTM D6304	8197.2	1	8000	
Kinematic Viscosity @ 38°C	cSt	ASTM D445	7.156	6.00	12.50	
Electrical Conductivity (EC)	µS/cm	ASTM D4308	0.371	0.30		
Sulfur (S)	ppm	ASTM D2622	440		500	
Particle Size 5-15 µm	C/100 mL	ASTM D7647	40660		128000	
Particle Size 15-25 µm	C/100 mL	ASTM D7647	9060		22800	
Particle Size 25-50 µm	C/100 mL	ASTM D7647	1260		4050	
Particle Size 50-100 µm	C/100 mL	ASTM D7647	370		720	
Particle Size >100 µm	C/100 mL	ASTM D7647	75		128	
NAS Class		NAS 1638	9		9	

Berdasarkan hasil pengujian *hydraulic fluid analysis* diperoleh indikator adanya kontaminasi partikel di fluida hidrolik. Hasil menunjukkan angka *NAS class 9* dari kontaminasi partikel yang mendekati nilai limit yangizinkan sesuai *Aircraft Maintenance Manual* seperti pada tabel 4.3. Hasil pengujian dari tabel yang disajikan pada tabel 4.3 diperbolehkan untuk tidak dilakukan *recovery* fluida hidrolik. Parameter ini berlaku untuk kontaminasi yang disebabkan oleh kontaminasi partikel dan hanya salah satu dari sistem saja yang terkontaminasi. Dalam penelitian ini hanya dilakukan pengujian pada satu sistem yaitu *green system*. Sedangkan untuk hasil selain dari pada partikel dan semuanya masih pada nilai batas yang diizinkan sehingga tidak perlu dilakukan *recovery action*.

Prosedur dan langkah-langkah jika salah satu sistem yang terkontaminasi adalah sebagai berikut:

Recovery Action of Particle Content	
Langkah	Keterangan
1	Ganti semua <i>filter</i> (HP, LP dan case drain) sistem hidrolik
2	Replace fluida hidrolik dari sistem yang terkontaminasi
3	Reclaim fluida hidrolik dengan menggunakan <i>hydraulic ground power-Car</i> (<i>hydraulic test car</i>)
4	Melakukan <i>operational check flight control</i> setiap hari sampai maksimal 14 hari sampai hasil analisa fluida yang baru tersedia.

Data hasil pengukuran *hydraulic fluid analysis* diperoleh secara menyeluruh berdasarkan hasil laboratorium tes dari sampling fluida hidrolis. Sampling fluida hidrolis yang diuji adalah sampling *green hydraulic system*.

Tabel 3 Data hasil pengukuran *Hydraulic Fluid Analysis*

NO	REGISTRASI	Hydraulic Fluid Analysis		
		Sistem	NAS CLASS	HASIL
1	PK-XYA	Green	9	Within Limit
2	PK-XYF	Green	10	Out of Limit
3	PK-XYG	Green	12	Out of Limit
4	PK-XYH	Green	10	Out of Limit
5	PK-XYB	Green	9	Within Limit
6	PK-XYC	Green	9	Within Limit
7	PK-XYD	Green	9	Within Limit
8	PK-XYI	Green	11	Out of Limit
9	PK-XYJ	Green	12	Out of Limit
10	PK-XYE	Green	9	Within Limit

Hasil pengujian *hydraulic fluid analysis* pada Tabel 3 menyatakan bahwa dari 10 registrasi pesawat A330 series 5 telah terjadi kontaminasi fluida hidrolis dengan hasil *out of limit*. Nilai hasil pengujian menunjukkan *NAS CLASS* diatas 9 telah terjadi kontaminasi partikel pada fluida hidrolis berdasarkan batas nilai partikel yang diizinkan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Batas kontaminasi partikel yang diizinkan (*Aircraft Maintenance Manual, 2021*)

Particle size (1)	Particle size (2) Class	Class 7	Class 8	Class 9
5 to 15 micron	6 to 14 micron	32000	64000	128000
15 to 25 micron	14 to 21 micron	5700	11400	22800
25 to 50 micron	21 to 38 micron	1012	2025	4050
50 to 100 micron	38 to 70 micron	180	360	720
> 100 micron	> 70 micron	32	64	128

Jika fluida hidrolis terkontaminasi lebih dari nilai *class 9* didalam salah satu sistem hidrolis, maka dilakukan prosedur kontaminasi dan aturan aturan yang mengacu kepada perbaikan perawatan pesawat udara atau *Aircraft Maintenance Manual*. Prosedur kontaminasi yaitu mengganti cairan fluida hidrolis yang ada di *reservoir green hydraulic system* dengan yang baru. Proses itu disebut juga dengan *flushing* dan mengganti *filter* yang ada di *engine (case drain)* dan juga *filter* yang ada di *hp manifold* dan *landing gear bay*.

Berdasarkan *aircraft maintenance manual*, nilai maksimum kontaminasi yang diizinkan yang disebabkan oleh *water content* adalah 0,80 % namun Airbus sendiri merekomendasikan untuk meningkatkan *life time*. Toleransi adalah jumlah kontaminasi yang diizinkan untuk periode waktu. Kerangka waktu yang diizinkan adalah waktu maksimum ketika pesawat dapat tetap dalam pelayanan. Dimulai ketika ditemukannya kontaminasi dari hasil pengujian kontaminasi dan berakhir saat prosedur perbaikan sesuai dengan *aircraft maintenance manual*. Kadar air maksimum adalah 0,8%, tetapi untuk meningkatkan masa pakai cairan hidrolis. Airbus merekomendasikan agar menjaga nilai kurang dari 0,5 %. (*aircraft maintenance manual, 2021*). Dalam hal ini semua bergantung kepada operator/pemilik pesawat untuk mengambil keputusannya sesuai dengan *maintenance program* masing masing.

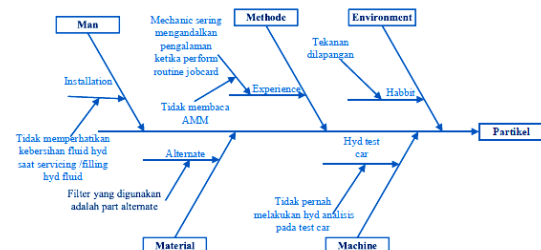
Tabel 5 *Hydraulic Fluid Analysis (Aircraft Maintenance Manual, 2021)*

NSA 307110 Requirements Additional Temporary Authorization				
Hydraulic Fluid Parameters	In Service Limits	Corrective Action Application	Tolerance (see NOTE 1)	Permitted Time Frames (see NOTE 2)
Acid number	1.5 mg KOH/g max.	Immediately	1.5 to 2.5 mg KOH/g max.	7 operational days
Acid number	1.5 mg KOH/g max.	Immediately	2.5 to 3.5 mg KOH/g max.	Before next flight
Density at 23 +/- 3 deg. C	970 to 1066 kg/m ³	Immediately	Not applicable	600 FH
Water content	0.5% recommended 0.8% max. (see NOTE 3)	Immediately	0.8% to 1% 1% to 1.5%	600 FH 7 operational days
Viscosity at 38 deg. C	6 to 12.5 cSt	Immediately	5.5 to 6 cSt	10 operational days or 150 FH
Chlorine content	200 ppm max.	Immediately	200 to 300 ppm	10 operational days or 150 FH
Electrical conductivity	0.30 microS.cm-1 minimum	Immediately	lower than 0.30 microS.cm-1 min.	600 FH

Batasan kontaminasi yang terkandung didalam cairan fluida mengikuti standarisasi *aircraft maintenance manual* seperti yang disajikan pada Tabel 5. Jika kandungan air dari sampel cairan sama dengan atau lebih dari tabel diatas maka harus dilakukan prosedur yang disarankan oleh *aircraft maintenance manual*.

Jika densitas, viskositas atau konduktivitas sampel fluida keluar dari batas yang diizinkan/diberikan dalam table, maka mengganti cairan hidrolik dari sistem hidrolik yang berlaku atau dalam keadaan baru. Jika keasaman sampel cairan lebih dari 3,5 mg KOH/g maka mengganti cairan hidrolik dari sistem hidrolik yang berlaku atau dalam keadaan baru dengan keasaman sampel cairan antara 1,5 dan 3,5 mg KOH/g di *reservoir* (*Aircraft Maintenance Manual*, 2021)

Setelah melakukan observasi di lapangan serta wawancara secara langsung terhadap *expert* di lapangan, maka diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kontaminasi fluida hidrolik green system sehingga menyebabkan kebocoran sistem hidrolik pada pesawat Airbus A330 series. Berikut faktor-faktor tersebut disajikan dengan menggunakan gambar



Gambar 2 Diagram Fishbone

Pada indikator *manpower*, terdapat beberapa penyebab permasalahan yaitu tidak menjaga kebersihan *filter green hydraulic system*. Ketika melakukan pergantian filter baik di *green hydraulic system* maupun *case drain* di *engine* pergantian *filter* seharusnya menggunakan cairan hidrolik yang baru untuk pelumasan awal pemasangan *filter*. Faktanya mekanik ataupun *engineer* selalu menggunakan fluida hidrolik lawas yang ditampung ketika *me-remove access* meskipun *aircraft maintenance manual* tidak menyarankan untuk menggunakan cairan hidrolik yang baru ketika memberikan pelumasan saat *installation filter*.

Namun hal ini tidak menjaga kebersihan fluida hidrolik dari partikel partikel yang ada di cairan fluida lawas. sehingga memungkinkan terjadinya kontaminasi pada fluida hidrolik

yang baru. Indikator lain *manpower* yang dapat menyebabkan kontaminasi hidrolik adalah saat melakukan pekerjaan rutin yaitu *servicing hydraulic system*, saat membuka kaleng hidrolik yang baru menggunakan *tool* yang kotor sehingga memungkinkan terjadinya kotoran dari serpihan serpihan material yang di *drill* didalam hangar saat pesawat sedang melakukan *maintenance*.

Pada indikator *material* terdapat penyebab permasalahan terdapat penyebab yaitu kualitas bahan kurang baik faktor ini dapat terjadi apabila biasanya menggunakan *Alternate Part Number* sehingga kualitasnya sedikit berbeda dengan yang original.

Pada indikator *machine* terdapat penyebab permasalahan yang memungkinkan terjadinya kontaminasi hidrolik pada *sistem green* terdapat pada *hydraulic test car* dimana dipakai saat melakukan *functional landing gear swing test*. *Hydraulic test car* adalah sebuah *tool* pengganti *hydraulic pump* yang ada di pesawat airbus A330 series dan mampu mensuplai tekanan 3000 psi sama dengan *hydraulic pump* yang ada di pesawat. *Hydraulic test car* juga membutuhkan cairan fluida hidrolik sehingga ketika dipasangkan ke pesawat, cairan fluida hidrolik yang ada di *test car* akan tercampur dengan fluida hidrolik yang ada di *sistem green hydrolic*.

Pada indikator *method* terdapat penyebab permasalahan yaitu *experience* dilapangan yang mana setiap pekerjaan routine yang dikerjakan berulang ulang akibatnya tidak membaca *aircraft maintenance manual* dan hanya mengandalkan pengalaman yang sudah sudah selama tidak terjadi kegagalan maka pekerjaan tersebut hanya mengandalkan pengalaman.

Pada indikator *environment* terdapat penyebab permasalahan yaitu tekanan dilapangan seperti *return to servise (RTS)* dimana pesawat harus di *release* sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan dan masalah pada *Line Maintenance* dimana pesawat diminta untuk segera berangkat ke bandara yang dituju sehingga kegiatan *servicing filling hydraulic* harus dilakukan secepat mungkin.



Gambar 3 Hydraulic test car
(PT GMF Aeroasia, 2021)

Di dalam test car pada Gambar 3 terdapat dua buah *reservoir* untuk menampung cairan hidrolis. Dan dua buah port yang dihubungkan kedalam *port green hydraulic system*. Indikator penyebab kontaminasi hidrolis yang disebabkan oleh cairan yang ada di *hydraulic test car* terlihat pada tumpahan cairan hidrolis yang sudah berwarna hitam gelap seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Tabung *reservoir hydraulic test car*
(PT GMF Aeroasia, 2021)

Gambar 4 menunjukkan indikasi bahwa tidak pernah dilakukan flushing pada cairan hidrolis pada *hydraulic test car* yang dapat menyebabkan kontaminasi cairan hidrolis di pesawat pada Gambar 5.



Gambar 5 Lokasi adapter sistem hidrolis *green*
(PT GMF Aeroasia, 2021)

Peluang terjadinya kontaminasi sistem hidrolis pada *landing gear* cukup terbuka. Hal ini karena port masuknya cairan hidrolis dari selang port test car langsung masuk kedalam adapter yang terhubung dengan *valve hydraulic green system*.

Selanjutnya tahap *Improvement*, dimana pada tahap ini dilakukan proses perubahan dan perbaikan untuk meminimasi kebocoran sistem hidrolis sehingga jumlah kejadian kebocoran dapat berkurang. Dalam proses *improvement* ini menggunakan metode PDCA (*Plan, Do, Check, Actions*).

Plan – Setelah akar penyebab masalah utama dan masalah lainnya dapat diidentifikasi, maka langkah berikutnya adalah membuat rencana perbaikan dengan memenuhi syarat 5W + 1H. Pentingnya proses rencana perbaikan ini diharapkan dapat memberi solusi dalam meminimasi kebocoran sistem hidrolis, sehingga dapat meningkatkan faktor keselamatan penerbangan serta dapat memberikan kenyamanan para penumpang ketika menggunakan transportasi udara. Tahapan *plan* ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang kedepannya dijadikan *continue improvement* agar kebocoran sistem hidrolis dapat terus ditekan hingga semua pesawat beroperasi dengan laik terbang.

Pembuatan rencana perbaikan tidak luput dari mengidentifikasi hal-hal yang berkaitan dengan sumber permasalahan yang menyebabkan terjadinya resiko kebocoran sehingga dari banyaknya penyebab kegagalan maka rencana perbaikan dapat dilaksanakan. Perbaikan dapat dimulai dari hal yang paling sederhana hingga membutuhkan *supporting* dari pihak lain yang berkaitan dengan rencana perbaikan. Setelah didapatkan solusi yang memenuhi kaidah 5W + 1H, maka dapat dimulai tahap *Do* sebagai implementasi perbaikan.

Do – Tahapan *Do* adalah proses implementasi dari rencana perbaikan yang telah disusun sebelumnya. Berdasarkan analisis 5W + 1H yang telah dibuat, maka beberapa usulan perbaikan yang diajukan adalah sebagai berikut:

a. *Check for Air in the Hydraulic System*

Pengerjaan ini sangat lah penting dan memiliki pengaruh besar terhadap bocornya sistem hidrolik selain daripada kontaminasi yang disebabkan oleh partikel didalam fluida hidrolik. Dengan mengecek udara yang terperangkap didalam *tubing* dan semua sistem dapat mengakibatkan *hammer impact* yang dapat merusak *packing* dan *port* karena hantaman udara yang terperangkap dalam sistem tersebut

b. *Engineering Order (EO) Replacement Flexible Hose*

Untuk menghasilkan perbaikan yang maksimal dan mengurangi kebocoran sistem hidrolik unit kerja peneliti dan unit kerja *production engineering reability* membuat *Engineering Order (EO)*. Hal ini berawal dari kasus terulang yang sama yaitu kebocoran *flexible hose* yang terjadi di *station* pada saat pesawat beroperasi dan menyebabkan masalah timbul dimana pesawat pada akhirnya tidak dapat beroperasi. Kasus ini melibatkan personel yang bekerja di *zona landing gear*.

Check – *Improvement leak on flexible hose* akan selalu dimonitor hingga waktu yang telah ditentukan atau selama tidak adanya inputan laporan pilot maka *improvement* ini dapat menjadi pertimbangan untuk pesawat berikutnya mengingat masalah keselamatan selama penerbangan adalah tanggung jawab operator sebagai pemilik bisnis transportasi udara yang mengedepankan *safety first*. Selanjutnya *engineering order* juga dilaksanakan untuk semua pesawat Airbus A330 ketika masa *interval maintenance* kali kedua *C-Check*.

Action – Tahap *Action (Standardization)* adalah tahap terakhir dalam proses PDCA, yang bertujuan untuk membuat suatu standar baru agar masalah yang sebelumnya terjadi tidak terulang kembali, sehingga tercipta suatu perbaikan yang terus menerus (*continuous improvement*). Standar ini bisa digunakan untuk unit produksi lain pesawat dengan narrow body B737 dan A320 maupun wide body lainnya seperti B747 - B777. Masalah hazard seperti kontaminasi merupakan masalah yang harus diminimasi bahkan dihilangkan.

Membersihkan udara yang terperangkap dalam sistem hidrolik sangat berpengaruh terhadap performa sistem hidrolik. Karena air trap berpeluang membuat *packing* rusak dan pada akhirnya fungsi *packing* sebagai salah satu upaya membedakan cairan fluida yang baru dengan yang lama menjadi gagal dan memungkinkan terjadinya kontaminasi cairan hidrolik. Dengan menerbitkan safety briefing sheet maka mempermudah manager untuk membagikan kepada subordinate-nya masing-masing, hanya dengan membuka dan membacanya lewat *website* atau *group media social*.

Dengan meningkatkan *basic inspection training* maka dapat meningkatkan kepercayaan diri seorang *mechanic* atau *engineer* untuk mengambil sebuah keputusan pentingnya menjaga kualitas *maintenance* dan meningkatkan *awareness* pentingnya menjaga kualitas komponen pesawat udara sehingga bisnis transportasi udara menjadi lebih baik lagi dan aman.

Upaya perbaikan dengan membiasakan menjaga kebersihan dan kesterilan fluida hidrolik yang baru saat akan digunakan untuk *perform servicing hydraulic system*. Kegiatan ini berguna untuk meningkatkan kualitas *maintenance* dan sebagai satu upaya pencegahan terjadinya kontaminasi yang disebabkan oleh partikel-partikel kecil yang dapat tercampur dengan cairan fluida hidrolik yang baru.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengukuran menggunakan *tool Ultrasonic Internal Leak Meter* menyatakan hasil *satisfied*. Hal ini tidak menerangkan bahwa penyebab kebocoran sistem hidrolik disebabkan karena faktor *flow*/aliran fluida. Penyebab kebocoran disebabkan oleh kontaminasi partikel didalam fluida hidrolik. Hasil ini diperoleh berdasarkan pengujian laboratorium. Kontaminasi terjadi karena:
 - a. kurangnya menjaga kebersihan pada saat *servicing* atau *filling* cairan fluida hidrolik yang baru.
 - b. bergabungnya fluida hidrolik dari *hydraulic test car* dengan fluida hidrolik di sistem hidrolik pesawat.
 - c. Penggunaan fluida lawas sebagai pelumas ketika pemasangan *filter* hidrolik yang baru.
2. Pembuatan *Engineering Order* (EO) sebagai upaya perbaikan dan pencegahan terjadinya kebocoran pada *flexible hose*. OE dibuat berdasarkan alasan berikut:
 - a. Tidak ada *specific inspection* pada *job card external leak* yang melingkupi *flexible hose*.
 - b. Tidak adanya jaminan dari *manufacture* terhadap keandalan masa pakai *flexible hose*.

Daftar Pustaka

- [1] Andriani, A., & Romli, I. (2020). *Preventive maintenance* pada mesin die casting dengan age replacement model untuk peningkatan reliabilitas mesin. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 12(1), 1.
- [2] Jannifar, A., Yuniati, Y., & Muslem, M. (2016). Analisa partikel kontaminasi minyak hidrolik excavator hitachi pengusaha galian C di Aceh Utara. *Jurnal POLIMESIN*, 14(1), 7.
- [3] Lu, H., Iseley, T., Behbahani, S., & Fu, L. (2020). *Leakage detection techniques for oil and gas pipelines: State-of-the-art*. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 98 (December 2019).
- [4] Mehmood, Z., Hameed, A., Javed, A., & Hussain, A. (2020). *Analysis of premature failure of aircraft hydraulic pipes*. *Engineering Failure Analysis*, 109(July 2019), 104356.
- [5] Mora, M. (2012). WARTA ARDHIA Telaahan Literatur Tentang Program Perawatan Pesawat Udara Literature Review On Aircraft Maintenance Program. *Accident*, 38(4), 356–372.
- [6] Prasmoro, A. V. (2020). Analisa sistem perawatan pada mesin las MIG dengan metode Failure Mode and Effect Analysis: Studi kasus di PT. TE. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 12(1), 13.
- [7] Radhila, A. (2013). Implementasi *Warehouse Management* Menggunakan Metode PDCA Studi Kasus Di CV. Innotech Solution - Malang. *Jurnal Valtech*, 1(1), 230–241. ejournal.itn.ac.id.

[8] Sforza, P. (2014). Landing Gear Design.
In *Commercial Airplane Design Principles*.

[9] Wang, S., Tomovic, M., & Liu, H. (2016).
Requirements for the Hydraulic System
of a Flight Control System. In
Commercial Aircraft Hydraulic Systems.