MACHINERY JURNAL TEKNOLOGI TERAPAN
VOL.6 NO.3, OKTOBER 2025

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

ANALISIS KEBOCORAN *HYDRAULIC MANIFOLD* PADA PESAWAT AIRBUS 330 *SERIES* DI PT XYZ MENGGUNAKAN METODE *RCFA*

I Komang Gede Galang Aditya Wirama[1)*], Iwan Engkus Kurniawan[1)], Fawwaz Yusa Gifari[1)]
[1)]Program Studi Teknik Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Jl. Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Kec. Legok, Kabupaten Tangerang, Banten 15820, Indonesia
[*]email korespondensi: galangadityawirama@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Received:
06/09/2025

Received in revised:
17/10/2025

Accepted:
19/10/2025

Online-Published:
26/10/2025

ABSTRAK

Sistem hidrolik adalah sebuah sistem yang memanfaatkan fluida bertekanan untuk menggerakkan suatu sistem atau komponen lain. Pada pesawat Airbus 330 sistem ini digunakan untuk mengoperasikan flight control, landing gear, dan komponen lainnya. Sistem hidrolik mentransfer tekanan fluida ke dalam sistem pengguna melalui komponen HP manifold. Pesawat Airbus 330 memiliki 3 HP manifold yang dipasang pada sistem green, blue, dan yellow. Berdasarkan data dari engineering PT XYZ pada tahun 2021 hingga 2024 telah terjadi 86 kebocoran hidrolik pada komponen HP manifold. Oleh karena itu dilakukan suatu analisis untuk mengetahui penyebabnya dengan menggunakan suatu metode pemecahan masalah yaitu Root Cause Failure Analysis (RCFA). Analisis dilakukan dengan bantuan tools diagram pareto, fishbone, dan 5W+1H. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 4 penyebab kebocoran pada HP manifold yaitu connection, clogging, union, dan packing. Packing menjadi faktor penyebab kebocoran paling dominan dengan persentase sebesar 82.56%. Analisis selanjutnya dilakukan menggunakan diagram fishbone dan didapatkan hasil bahwa kebocoran yang disebabkan oleh packing terjadi karena complacency dari teknisi, pengerjaan job card di luar hanggar pada saat malam hari, penggunaan tools manual torque wrench dalam proses perawatan, job card inspection yang tidak spesifik pada pekerjaan Detailed Visual Inspection (DVI), dan degradasi dari material packing yang disebabkan oleh higher acidity dari cairan hidrolik. Faktor yang paling berpengaruh terhadap kerusakan packing adalah terjadinya higher acidity pada cairan hidrolik sehingga menyebabkan packing rusak dan berakibat pada kebocoran HP manifold. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode 5W+1H maka diberikan usulan perbaikan kepada perusahaan berupa penyesuaian ulang program perawatan serta pembuatan Engineering Order (EO)

Kata Kunci: *Airbus 330, Sistem Hidrolik, Higher Acidity, HP Manifold, RCFA*

ABSTRACT

A hydraulic system is a system that utilizes pressurized fluid to move a system or other component. On the Airbus 330 aircraft, this system operates flight controls, landing gear, and other components. The hydraulic system transfers fluid pressure through the HP manifold. The Airbus 330 has 3 HP manifolds installed in the green, blue, and yellow systems. Based on PT XYZ engineering data, from 2021 to 2024, there were 86 hydraulic leaks in the HP manifold. Therefore, an analysis was conducted to determine the cause using a Root Cause Failure Analysis (RCFA) method. The analysis was carried out with the help of a Pareto diagram, fishbone, and 5W + 1H tools. The results of the study showed that there were 4 causes of leaks in the HP manifold, namely connection, clogging, union, and packing. Packing was the most dominant with 82.56%. Further analysis using a fishbone diagram showed that leaks occurred due to technician complacency, performing job card outside the hanggar at night, using a manual torque wrench, inspection job card not specific to Detailed Visual Inspection (DVI), and degradation of packing

©2025 The Authors. Published by Machinery: Jurnal Teknologi Terapan (Indexed in SINTA)

doi:
http://doi.org/10.36257/machinery.v6i3.11163

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

material caused by the higher acidity of the hydraulic fluid. The most influential factor was the higher acidity in the hydraulic fluid which caused packing damage and resulted in HP manifold leaks. Based on 5W + 1H, proposals were made for the company to readjust maintenance and create an Engineering Order (EO).

Keywords**:** *Airbus 330, Hydraulic System, Higher Acidity, HP Manifold, RCFA*

1 PENDAHULUAN

PT XYZ adalah perusahaan MRO yang bergerak dibidang perawatan pesawat terbang. Perawatan merupakan salah satu hal terpenting dalam dunia penerbangan. Perawatan merupakan kegiatan yang dilakukan dengan tujuan mempertahankan pesawat udara beserta seluruh komponennya agar dalam keadaan laik terbang. Kegiatan perawatan ini bertujuan untuk memenuhi setiap standar kelaikudaraan yang ditetapkan dalam Undang-Undang Penerbangan. Menurut UU Penerbangan Nomor 1 Tahun 2009 Bab VII pasal 34 ayat 1 menyatakan bahwa setiap pesawat udara yang dioperasikan wajib memenuhi standar kelaikudaraan.

Untuk mencapai kelaikudaraan tersebut maka seluruh sistem pada pesawat terbang harus dijaga pengoperasianya. Salah satunya adalah sistem hidrolik yang digunakan untuk mengoperasikan *landing gear, flaps, flight control surfaces, dan brakes* [1]. Kata "*hydraulics*" berasal dari Bahasa Yunani yang berarti air (*water*) dan pada awalnya merupakan studi tentang perilaku fisika dari air saat diam dan bergerak. Namun saat ini maknanya telah diperluas dan mencakup perilaku fisik semua cairan (*liquids*), termasuk di dalamnya cairan hidrolik (*hydraulic fluid*) [2]. Secara fungsi cairan hidrolik berbeda dengan pelumas. Cairan hidrolik digunakan untuk mentransfer daya. Sedangkan pelumas adalah zat kimia berbentuk cairan yang diberikan di antara dua benda untuk mengurangi terjadinya gesekan [3].

Berdasarkan data dari *engineering unit* PT XYZ pada kurun waktu 4 tahun yaitu 2021 hingga 2024 telah terjadi 86 kali perawatan sistem hidrolik yang disebabkan oleh kebocoran pada *hydraulic manifold*. *Hydraulic manifold* merupakan komponen dari sistem hidrolik yang berfungsi untuk menyalurkan suplai tekanan hidrolik ke tiap-tiap sistem penggunanya [4]. *Hydraulic manifold* digunakan untuk mewujudkan tata telak sirkuit yang *compact* yang berorientasi pada pencapaian ukuran dan berat yang minimum [5]. Kebocoran yang terjadi pada *hydraulic manifold* menyebabkan terjadinya *low quantity* atau *low pressure* pada sistem hidrolik pesawat terbang. Penelitian ini difokuskan pada komponen *high pressure (HP) manifold* serta dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya kebocoran dan menentukan langkah langkah yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kebocoran pada *HP manifold* Airbus 330 *series* di PT XYZ.

Dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi, metode yang digunakan adalah *Root Cause Failure Analysis (RCFA)* yaitu suatu metode penyelesaian masalah yang dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab sebenarnya dari suatu masalah dan tindakan untuk menghilangkannya [6]. *RCFA* atau *RCA* merupakan proses menyelesaikan permasalahan dengan menyelidiki setiap insiden, permasalahan, kekhawatiran, atau ketidaksesuaian yang teridentifikasi [7]. *Tools* yang akan digunakan yaitu diagram *Pareto*, diagram *fishbone*, dan metode 5W+1H yang akan digunakan untuk menyusun langkah-langkah perbaikan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara ilmiah yang digunakan untuk mendapatkan suatu data dengan tujuan dan kegunaan tertentu [8]. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif dengan tujuan untuk mencari akar masalah (*root cause*) penyebab kebocoran *HP manifold* pada pesawat Airbus 330 series. Pengumpulan data dilakukan melalui proses observasi, studi literatur, dokumentasi, dan wawancara. Langkah pengumpulan data dapat diuraikan sebagai berikut:

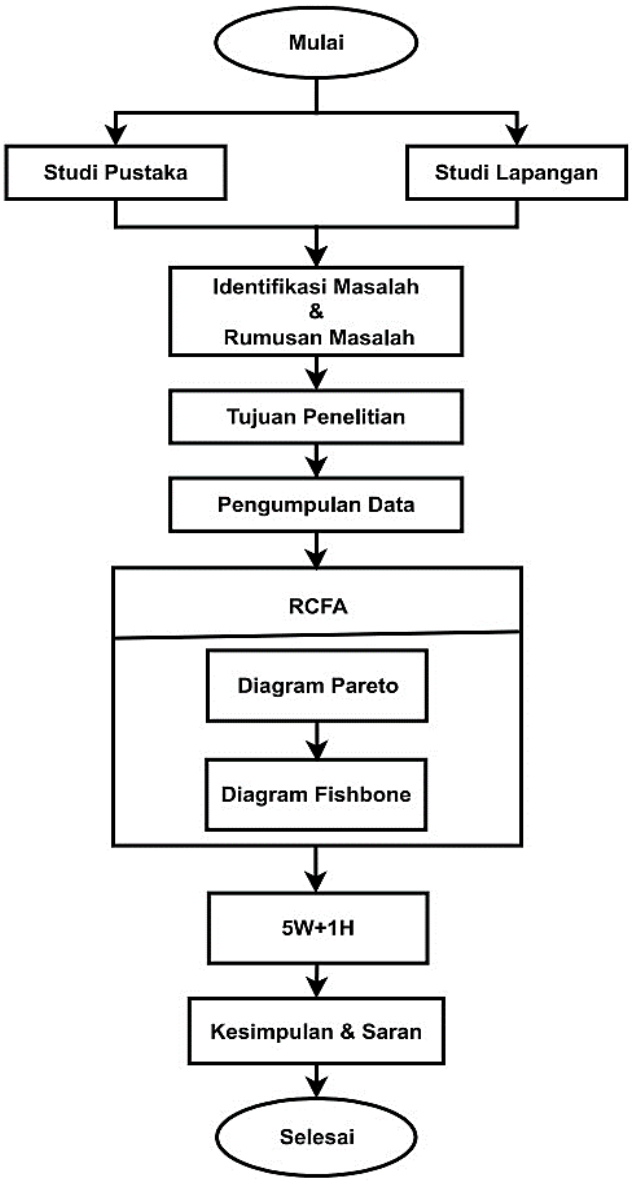
a. Observasi merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memperoleh data dengan cara melakukan pengamatan secara langsung terhadap objek penelitian [9]. Observasi dilakukan secara nonpartisipatif yaitu peneliti hanya melakukan pengamatan tanpa terlibat dalam kegiatan yang sedang diamati.
b. Studi literatur atau *literatur review* yaitu bagian dari karya tulis ilmiah yang berisi pembahasan tentang penelitian terdahulu serta referensi ilmiah yang berkaitan dengan penelitian. Penulis mengumpulkan informasi serta mempelajari beberapa referensi yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang diteliti.

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

c. Dokumentasi yaitu catatan kejadian ataupun peristiwa yang sudah berlalu. Dokumen ini bisa berbentuk gambar, tulisan ataupun karya seseorang [10]. Keabsahan hasil penelitian dari wawancara ataupun observasi dapat ditingkatkan apabila didukung oleh referensi dokumen [9]. Dokumen yang digunakan berasal dari *maintenance manual, training manual,* serta *AFML* pesawat Airbus 330 *series.*

d. Wawancara merupakan suatu teknik yang pengumpulan data penelitian melalui proses interaksi antara pewawancara dan narasumber melalui komunikasi secara langsung [11]. Wawancara yang digunakan adalah wawancara semi terstruktur. Wawancara jenis ini termasuk ke dalam kategori *in-depth interview* yang pelaksanaannya dilakukan secara lebih fleksibel dibandingkan dengan wawancara terstruktur. Tujuannya adalah menemukan permasalahan secara lebih terbuka [9]. Menurut Kuzel (1992) jumlah narasumber wawancara berkisar enam hingga delapan narasumber [12]. Oleh karena itu wawancara dilakukan bersama 6 narasumber yang memiliki *type rating* Airbus 330 *series* di PT XYZ.

Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan yang sistematis yang digambarkan melalui suatu diagram yaitu diagram alir. Diagram alir penelitian menggambarkan tahapan yang akan dijalani oleh peneliti untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam suatu penelitian [13]. Gambar 1. berikut adalah langkah yang akan dilakukan oleh peneliti untuk menyelesaikan permasalahan yang sedang diteliti.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

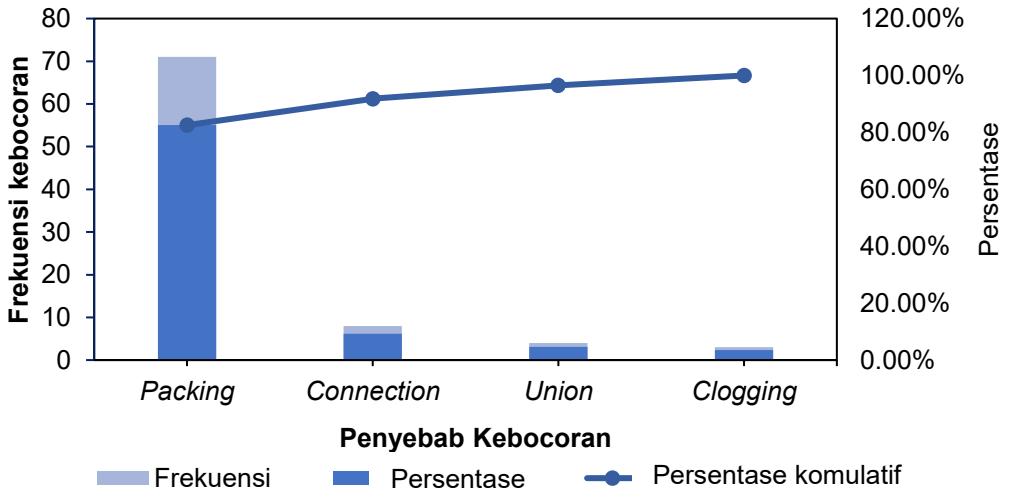
3.1 Diagram *Pareto*

Berdasarkan data kejadian dan laporan perawatan yang dilakukan di PT XYZ, didapatkan bahwa kebocoran tersebut disebabkan oleh 4 jenis penyebab yang berbeda. Jenis penyebab kebocoran tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Jenis Penyebab Kebocoran Pada *HP Manifold*

No.	Penyebab Kebocoran	Keterangan
1	*Packing*	Kerusakan pada *packing* sehingga ada celah yang menyebabkan cairan hidrolik keluar dari titik *port*
2	*Connection*	Pemasangan *tubing connection* yang kurang tepat sehingga menyebabkan terjadi kebocoran dari sambungan
3	*Union*	Terjadinya kerusakan pada *union* atau pemasangannya yang kurang tepat sehingga menyebabkan adanya celah yang membuat cairan hidrolik keluar dari *union* tersebut
4	*Clogging*	Terjadinya kebocoran pada *clogging indicator HP filter manifold*

Berdasarkan hasil penghitungan data didapatkan bahwa kebocoran *HP manifold* yang sebabkan oleh *packing* terjadi sebanyak 71 kali, kebocoran karena *connection* terjadi sebanyak 8 kali, kebocoran karena *union* terjadi sebanyak 4 kali, dan kebocoran karena *clogging* terjadi sebanyak 3 kali. Diagram *Pareto* dari kebocoran *HP manifold* akan ditampilkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram *Pareto* Penyebab Kevocoran *HP Manifold*

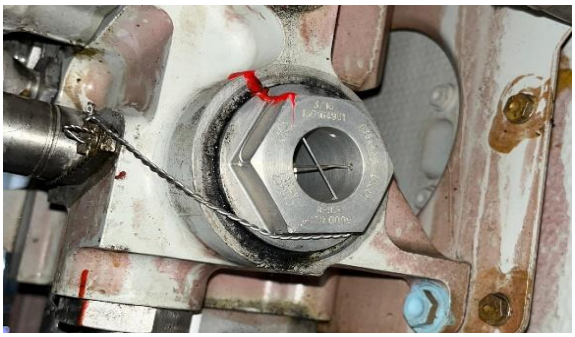
Gambar 2. merupakan diagram *Pareto* dari kebocoran *HP manifold.* Untuk lebih mudah dalam memahami grafik tersebut, Tabel 2. berikut akan menampilkan matriks perbandingan dari data penyebab kebocoran pada *HP manifold.*

Tabel 2. Matriks Perbandingan Penyebab Kebocoran Pada *HP Manifold*

No.	Penyebab Kebocoran	Frekuensi	Presentase	Presentase Komulatif
1	*Packing*	71	82.56%	82.56%
2	*Connection*	8	9.30%	91.86%
3	*Union*	4	4.65%	96.51%
4	*Clogging*	3	3.49%	100%
Jumlah		86	100%	

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

Berdasarkan Gambar 2. atau Tabel 2. dapat disimpulkan bahwa *packing* menjadi penyebab kebocoran paling dominan. Kebocoran yang disebabkan oleh *packing* memiliki persentase sebesar 82.56%. Kerusakan pada *packing* ini menyebabkan adanya celah yang membuat cairan hidrolik keluar sehingga terjadi *leak*. Kerusakan *packing* ini ditandai dengan adanya *black deposit* disekitar *HP manifold check valve* seperti terlihat pada Gambar 3. berikut.

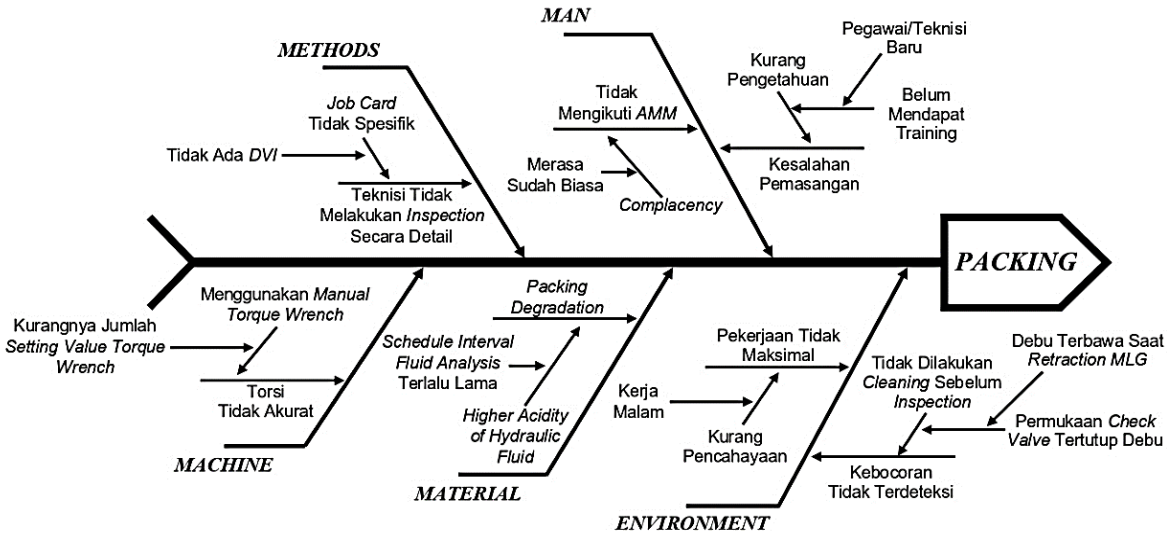


Gambar 3. *Black Deposit* Pada *HP Manifold Check Valve*

3.2 Diagram *Fishbone*

Pada tahap ini akan dilakukan analisis untuk mengetahui akar permasalahan dari kebocoran *HP manifold* pada pesawat Airbus 330 *series* yang disebabkan oleh *packing*. Analisa ini dilakukan melalui proses diskusi dan wawancara. Penggunaan diagram *fishbone* dalam tahap identifikasi penyebab permasalahan dikelompokkan ke dalam beberapa kategori yaitu *person/man, method, machine, materials, dan environment* [14]. *Man* berhubungan dengan seseorang yang terlibat, *method* berkaitan dengan prosedur yang digunakan, *machine* berkaitan dengan peralatan yang digunakan, *material* berkaitan dengan bahan atau komponen, dan *environment* berkaitan dengan kondisi atau keadaan yang terjadi [15].

Hasil diskusi dan wawancara akan digunakan untuk membuat diagram *fishbone* untuk mempermudah dalam memetakan berbagai faktor yang berkontribusi pada terjadinya kebocoran HP *manifold* yang disebabkan oleh *packing*. Berikut adalah faktor-faktor tersebut yang disajikan menggunakan diagram *fishbone*.



Gambar 4. Diagram *Fishbone* Kebocoran *HP Manifold* Akibat *Packing*

Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram *fishbone* pada Gambar 4. diatas, akar penyebab terjadinya kebocoran HP *manifold* karena *packing* disebabkan oleh faktor-faktor berikut:

a. Faktor *Man*

Analisis menunjukkan bahwa *complacency* serta kurangnya pengalaman dan pengetahuan teknisi merupakan faktor utama penyebab kesalahan dari sisi manusia. Teknisi sering kali tidak mematuhi prosedur yang tercantum dalam *AMM*. Misalnya saat memasang *check valve*, prosedur mensyaratkan pengencangan torsi sebanyak dua kali, tetapi teknisi hanya melakukannya sekali atau tidak sama sekali. Penyebabnya adalah sikap meremehkan pekerjaan yang sudah sering dilakukan, sehingga memicu

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

complacency. Selain itu, minimnya pengetahuan dan pengalaman teknisi baru juga menyebabkan kesalahan dalam pemasangan *packing*. Kesalahan ini terjadi ketika *packing* tidak dipasang sejajar dengan posisinya, sehingga saat *check valve* dikencangkan akan terjepit, mengalami kerusakan, dan akhirnya menyebabkan kebocoran.

b. Faktor *Machine*
Faktor mesin yang memengaruhi kebocoran pada *HP manifold* akibat *packing* adalah penggunaan alat (*tools*). Menurut AMM, pemasangan *check valve* harus dilakukan dengan torsi menggunakan *torque wrench*. Ada dua jenis *torque wrench* yang umum digunakan, yaitu *manual torque* dan *setting value torque*. Penggunaan *manual torque* tidak direkomendasikan karena bergantung pada penglihatan visual untuk memastikan nilai torsi sesuai, sedangkan posisi *check valve* yang sulit dilihat secara langsung membuat *manual torque* kurang ideal. Meski begitu, *manual torque* masih sering digunakan karena dianggap lebih praktis dan tidak memerlukan pengaturan nilai torsi. Selain itu, keterbatasan jumlah *setting value torque wrench* menjadi alasan teknisi memilih menggunakan *manual torque.*

c. Faktor *Methods*
Faktor metode juga turut menyebabkan kebocoran pada *HP manifold* akibat masalah *packing*. Dalam proses perawatan, tidak tersedia *job card* untuk melakukan *Detail Visual Inspection (DVI)* pada *HP manifold (green, blue, dan yellow). Job card* yang ada masih bersifat umum, hanya mencakup *General Visual Inspection (GVI)*, sehingga teknisi tidak melakukan pemeriksaan secara mendetail. Berdasarkan *Maintenance Program (MP)* pemeriksaan visual pada *check valve HP manifold* harus dilakukan setiap 24 bulan. Jika kerusakan *packing* tidak terdeteksi selama inspeksi, hal ini dapat menyebabkan terjadinya kebocoran sebelum jadwal perawatan/pemeriksaan berikutnya.

d. Faktor *Materials*
Faktor material turut menyebabkan kebocoran pada *HP manifold* akibat kerusakan *packing*. Hasil analisis menunjukkan bahwa degradasi material *packing HP manifold* dipicu oleh penurunan kualitas cairan hidrolik yang disebabkan oleh tingginya tingkat keasaman (*higher acidity*) cairan hidrolik. Faktor ini memiliki peran besar dalam kerusakan *packing*. Menurut Houghton (2019) Tingkat keasaman yang tinggi (*higher acidity*) pada cairan hidrolik dapat menyebabkan korosi, *increase wear*, dan berpotensi menyebabkan *internal damage* pada komponen [16]. Peningkatan keasaman cairan hidrolik terjadi karena interval analisis cairan hidrolik yang terlalu lama, yaitu setiap 36 bulan. Interval yang lama ini menyebabkan tingkat keasaman cairan hidrolik meningkat secara signifikan, yang pada akhirnya memicu degradasi pada material *packing*. Cairan yang memiliki angka netralisasi kecil (*low acidity*) lebih direkomendasikan, karena cairan dengan keasaman yang tinggi (*higher* acidity) dapat menyebabkan korosi pada *metal parts* serta kerusakan pada *seal* dan *packing glands* [17]. Tingkat keasaman dari cairan hidrolik disebut dengan *Total Acid Number (TAN)* yang nilainya ditentukan berdasarkan jumlah *Potassium Hydroxide (KOH)* dalam *milligrams* yang dibutuhkan untuk menetralkan 1 gram asam dari *oil/hydraulic fluid (KOH/g)* [18].

e. Faktor *Environment*
Faktor lingkungan juga berkontribusi terhadap kebocoran pada *HP manifold* yang diakibatkan oleh *packing*. Analisis menunjukkan bahwa inspeksi visual atau penggantian *packing* yang dilakukan di luar hanggar pada malam hari tidak berjalan optimal. Kurangnya penerangan menyulitkan teknisi dalam bekerja, sehingga inspeksi yang dilakukan tidak maksimal. Proses penggantian *packing* juga tidak optimal dalam kondisi tersebut. Selain itu debu yang menempel pada *HP manifold check valve* sering kali menutupi terjadinya *black deposit* sehingga tidak terdeteksi jika tidak dilakukan pembersihan terlebih dahulu. Debu ini berasal dari *landing gear* saat *retract*, di mana *landing gear* yang masuk ke *wheel well* membawa debu dari luar.

3.3 5W+1H

Tabel 2. berikut merupakan hasil analisis rencana perbaikan terhadap kebocoran yang terjadi pada *HP manifold* berdasarkan hasil wawancara dan diskusi bersama *aircraft maintenance engineer.*

Tabel 2. Usulan Perbaikan Terhadap Permasalahan Kebocoran *HP Manifold*

Faktor	*What*	*Why*	*How*	*Who*	*When*	*Where*
Man	Kesalahan dalam pemasangan *packing* oleh teknisi	Minim pengetahuan dan pengalaman dari teknisi baru	***Corrective Action*:** Memberikan pelatihan *standard practice maintenance* kepada teknisi baru dan dilaksanakan *recurrent* setiap 2 tahun	*Manager*	Sebelum teknisi bekerja pertama kali di pesawat	Hanggar

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

Faktor	*What*	*Why*	*How*	*Who*	*When*	*Where*
			Preventive Action: Dilakukan *briefing* sebelum mengerjakan *job card,* serta memonitor pekerjaan yang dilakukan oleh teknisi baru. Khususnya dalam penggantian *packing check valve*	*Manager* dan *Aircraft Engineer*	Sebelum bekerja dan selama proses pengerjaan *job card*	Hanggar
	Prosedur yang ada di dalam *AMM* tidak diikuti secara lengkap	*Complacency* personel terhadap pekerjaan. Merasa sudah sering melakukannya sehingga menggampangkan	***Corrective Action***: Berdasarkan AMM sudah jelas disebutkan bahwa ketika memasang *check valve* harus dilakukan 2 kali torsi. Sehingga perlu ditekankan lagi untuk mengikuti setiap *step* yang ada di dalam *AMM*	*Manager*	*Briefing* sebelum memulai pekerjaan	Hanggar
			Preventive Action: Dilakukan penekanan (*bring, read, and follow*) *AMM* sebelum mengerjakan *job card*	*Supervisor*	Sebelum mengerjakan *job card*	Hanggar
Machine	Torsi tidak akurat	Keterbatasan jumlah *setting value torque wrench* sehingga teknisi menggunakan *manual torque wrench* dalam proses perawatan	***Corrective Action***: Melakukan evaluasi dan pengadaan *setting value torque*	*Tool Store*	Setiap tahun	Hanggar
			Preventive Action: Dilakukan *briefing* dan penekanan kepada tim produksi agar menggunakan *setting value torque wrench* untuk mengerjakan *job card* yang memerlukan torsi	*Manager*	*Briefing* sebelum memulai pekerjaan	Hanggar
Method	Kebocoran tidak terdeteksi saat mengerjakan *job card* karena teknisi tidak melakukan inspeksi secara mendetail	Tidak ada *job card* dalam program pemeliharaan yang secara spesifik mengarah ke *HP manifold*, sehingga teknisi atau *engineer* tidak melakukan *Detailed Visual Inspection (DVI)* di area tersebut	***Corrective Action***: Pekerjaan dilakukan oleh *engineer type rating* dan berpengalaman, sehingga terbiasa mengerjakan *job card* serupa	*Aircraft Engineer*	Setiap ada *job card* yang sama	Hanggar
			Preventive Action: Memperbaiki *job card* dengan menyusun *Engineering Order (EO)* untuk memperjelas area inspeksi dan mempermudah pengisian	*Engineering*	Setiap interval *C-Check*	Hanggar
Material	*Degradation* pada material *packing HP manifold check valve*	Tingkat keasaman (*acidity*) yang tinggi dari cairan hidrolik mengakibatkan terjadinya *degradation* pada material *packing*	***Corrective Action***: Lakukan analisis cairan hidrolik. Jika terjadi kontaminasi asam, tindakan diambil berdasarkan nilai *acidity* atau tingkat keasaman. Jika perlu penggantian dilakukan flushing	*Engineering*	Setiap interval *C-Check*	Lab
			Preventive Action: Menurut *Maintenance Program (MP)*, analisis cairan hidrolik dijadwalkan setiap 36 bulan. Namun, karena adanya kejadian berulang, interval tersebut dapat diturunkan menjadi 24 bulan untuk mencegah kontaminasi cairan hidrolik. Penyesuaian ini diperbolehkan karena tidak melampaui batas interval yang ditetapkan oleh pabrikan	*Engineering* dan *operator*	Setiap interval *C-Check*	Hanggar

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

Faktor	*What*	*Why*	*How*	*Who*	*When*	*Where*
Environment	Kurang pencahayaan	Pekerjaan dilakukan di malam hari dan dilakukan di luar hanggar	***Corrective Action*:** Jika *job card* telah dikerjakan oleh *shift* malam, *supervisor shift* siang wajib memeriksa kembali untuk memastikan tidak ada kesalahan pekerjaan	*Supervisor*	Pagi hari setelah ada pekerjaan di *shift* malam	Hangar
			***Preventive Action*:** Pekerjaan yang membutuhkan pencahayaan maksimal di *perform* oleh *shift* pagi	*Manager*	*Briefing* sebelum memulai pekerjaan	Hanggar
	Debu menutupi *HP manifold check valve* sehingga *black deposit* tidak terdeteksi	Retraksi *MLG* membawa debu masuk ke *wheel well*. Tanpa *cleaning* sebelum inspeksi, kebocoran tidak terdeteksi	***Corrective Action*:** Melakukan pembersihan sebelum inspeksi sehingga memudahkan teknisi mendeteksi *black deposit*, sehingga mencegah terjadinya *NFF (No Found Finding)*	Teknisi	Sebelum melakukan *inspection*	Hanggar

Usulan perbaikan tersebut akan dibuat melalui analisa 5W+1H untuk memfokuskan permasalahan berdasarkan 6 pertanyaan, yaitu *What* (Apa yang terjadi), *Why* (Mengapa bisa terjadi), *How* (Bagaimana usulan perbaikan yang akan diberikan), *Who* (Siapa yang bertanggung jawab), *When* (Kapan dilakukan), dan *Where* (Dimana akan dilakukan). Berdasarkan Tabel 2. yang membahas mengenai *corrective action* dan *preventive action* terhadap permasalahan kebocoran *HP manifold* yang disebabkan oleh *packing*, didapatkan usulan perbaikan sebagai berikut:

a. Faktor *Man*
Pada faktor *man* dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu kurangnya pengetahuan dan pengalaman teknisi baru serta *complacency* dari tim produksi atau teknisi. Minimnya pengalaman dan pengetahuan teknisi baru menyebabkan kesalahan pemasangan *packing*. Untuk mengatasinya, diperlukan *corrective action* berupa pelatihan *standard practice maintenance* bagi teknisi baru sebelum bekerja di pesawat, dengan *recurrent training* setiap dua tahun. Pelatihan ini mencakup dasar-dasar perawatan, termasuk cara pemasangan *O-Ring* yang benar. Selain itu, *preventive action* dilakukan melalui *briefing* oleh manajer sebelum mengerjakan *job card* dan *monitoring* oleh *engineer* terhadap pekerjaan teknisi baru untuk mencegah kelalaian atau kesalahan. Faktor kedua yaitu *complacency*, terjadi karena personel merasa terbiasa. Seperti pada pemasangan *check valve* yang seharusnya ditorsi dua kali sesuai *AMM*, namun tidak dilakukan sesuai prosedur. Untuk itu manajer perlu mengadakan *briefing* ulang agar teknisi mematuhi prosedur *AMM* secara menyeluruh, dan *supervisor* di hangar harus menekankan pentingnya membaca dan mematuhi prosedur *AMM* kepada setiap personel.

b. Faktor *Machine*
Faktor *machine* dipengaruhi oleh penggunaan *manual torque wrench* saat melakukan torsi pada *check valve*, yang menyebabkan nilai torsi tidak akurat karena pembacaan dilakukan secara visual. Ketika proses *installation* torsi yang dibutuhkan adalah sebesar 169.62 lbf.ft hingga 184.37 lbf.ft. Penggunaan *manual torque wrench* masih sering terjadi karena keterbatasan jumlah *setting value torque wrench* yang ada di hangar. Untuk mengatasinya, *corrective action* diperlukan berupa pengadaan *setting value torque wrench* agar teknisi tidak lagi menggunakan *manual torque wrench* untuk mengerjakan *job card*. Selain itu, *preventive action* dilakukan melalui *briefing* oleh manajer kepada teknisi untuk memastikan penggunaan *setting value torque wrench* pada *job card* yang membutuhkan torsi.

c. Faktor *Method*
Faktor metode dipengaruhi oleh *job card* yang tidak spesifik, sehingga tidak ada pekerjaan khusus untuk memeriksa *HP manifold*. Hal ini menyebabkan teknisi atau *engineer* tidak melakukan *Detailed Visual Inspection (DVI)* di area tersebut. Akibatnya kebocoran tidak terdeteksi karena inspeksi tidak dilakukan secara mendetail. Untuk mengatasinya, *corrective action* dilakukan dengan mengerjakan setiap *job card* inspeksi *HP manifold* oleh *engineer type rating* yang telah berpengalaman agar hasilnya lebih optimal. Selain itu, *preventive action* dilakukan dengan memperbaiki *job card* melalui pembuatan *Engineering Order (EO)* untuk memperjelas area inspeksi dan mempermudah pengisian oleh teknisi.

d. Faktor *Materials*
Faktor material dipengaruhi oleh tingginya tingkat keasaman (*acidity*) cairan hidrolik. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas cairan hidrolik dan berakibat pada degradasi material *packing HP*

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

manifold check valve. Untuk mengatasinya, *corrective action* dilakukan dengan melalui *fluid sampling analysis*. Jika ditemukan kontaminasi asam, tindakan diambil berdasarkan nilai *acidity* atau tingkat keasaman, dengan dilakukan flushing terlebih dahulu jika penggantian diperlukan. Sebagai *preventive action*, interval *fluid sampling analysis* disesuaikan menjadi setiap *C-Check* (24 bulan) dari yang sebelumnya setiap 36 bulan untuk mendeteksi lebih awal indikasi terjadinya peningkatan keasaman cairan hidrolik.

e. Faktor *Environment*
Faktor lingkungan dipengaruhi oleh dua hal yaitu melakukan *pengerjaan job card* di luar area hangar dan pada waktu malam hari dan debu yang menutupi *HP manifold check valve*. Pekerjaan malam di luar hanggar menyebabkan kurangnya pencahayaan, sehingga hasilnya tidak optimal. Untuk mengatasinya, *corrective action* dilakukan dengan *double-check* oleh *supervisor shift* siang terhadap *job card* yang dikerjakan *shift* malam untuk memastikan tidak ada kesalahan. *Preventive action* yang dilakukan berupa pengelompokan pekerjaan berdasarkan waktu, di mana pekerjaan yang membutuhkan pencahayaan maksimal dilakukan pada *shift* pagi/siang. Faktor kedua adalah debu dari retraksi *MLG* yang menempel pada *HP manifold check valve* sehingga menutupi terjadinya *black deposit*. *Corrective action* dilakukan dengan membersihkan komponen sebelum inspeksi untuk memudahkan teknisi mendeteksi terjadinya *black deposit*. Hal ini akan mencegah terjadinya *NFF (No Found Finding).*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis data menggunakan diagram *Pareto*, penyebab utama kebocoran *HP manifold* adalah kerusakan *packing* dengan persentase sebesar 82,56% selama periode 2021-2024. Analisis *RCFA* dengan diagram *fishbone* mengidentifikasi lima faktor penyebab kerusakan *packing*: (1) Faktor manusia, yaitu *complacency* teknisi yang mengabaikan prosedur *AMM* karena terbiasa dengan pekerjaan, serta kesalahan pemasangan *packing* oleh teknisi baru akibat minimnya pengalaman dan pemahaman prosedur. (2) Faktor *machine*, yaitu penggunaan *manual torque wrench* yang menyebabkan torsi tidak akurat karena keterbatasan *setting value torque wrench*. (3) Faktor *metode*, yaitu tidak adanya *job card* untuk melakukan pekerjaan *Detailed Visual Inspection (DVI)* pada *HP manifold (green, blue, yellow)* sehingga kebocoran tidak terdeteksi. (4) Faktor lingkungan, meliputi kurangnya pencahayaan saat inspeksi malam hari di luar hanggar dan debu yang menutupi *HP manifold* yang berakibat pada tidak terdeteksinya kebocoran apabila tidak dilakukan pembersihan awal (*cleaning*). (5) Faktor *materials*, yaitu degradasi *packing* akibat penurunan kualitas cairan hidrolik (*higher acidity*) yang diakibatkan oleh interval *fluid* sampling yang terlalu lama (36 bulan). Untuk mengatasi masalah ini, diusulkan pembuatan *Engineering Order (EO)* untuk mempermudah inspeksi *HP manifold* dan mengurangi kesalahan, serta penyesuaian program perawatan dengan mengurangi interval *fluid sampling analysis* dari 36 bulan menjadi 24 bulan atau setiap interval perawatan *C-Check* pesawat terbang guna mendeteksi lebih awal terjadinya *higher acidity*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Faa, *Aviation Maintenance Technician Handbook-Powerplant 2023*. Oklahoma: United States Department of Transportation, 2023. Accessed: Oct. 19, 2025.
[2] EASA, *EASA Module 13 (B2). Aircraft Structures And Systems*. 2020. Accessed: Oct. 19, 2025.
[3] D. Vernando, F. Putri, O. Meita Utami, and A. Medi, “ANALISIS UMUR PAKAI OLI PADA FAN PLTU TE 3x10,” *MACHINERY Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2025, doi: 10.5281/zenodo.14942716.
[4] Airbus, *Hydraulic Power - Description And Operation Maintenance Manual*. 2025. Accessed: Oct. 19, 2025.
[5] B. Zardin, G. Cillo, C. A. Rinaldini, E. Mattarelli, and M. Borghi, “Pressure Losses in Hydraulic Manifolds,” *Energies (Basel)*, vol. 10, no. 3, 2017, doi: 10.3390/en10030310.
[6] B. Andersen and T. Fagerhaug, *Root Cause Analysis Simplified Tools and Techniques*, 2nd ed. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2006. Accessed: Oct. 19, 2025.
[7] F. Rafsyan Zani and H. Supriyanto, “Analisis Perbaikan Proses Pengemasan Menggunakan Metode Root Cause Analysis dan Failure Mode and Effect Analysis Dalam Upaya Menignkatkan Kualitas Produk Pada CV. XYZ,” pp. 140–146, 2021, Accessed: Oct. 19, 2025.
[8] M. Ramdhan, *Metode Penelitian*. Surabaya: Cipta Media Nusantara, 2021. Accessed: Oct. 19, 2025.
[9] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2013. Accessed: Oct. 19, 2025.

ISSN : 2723-3359 (Print)
ISSN : 2776-673X (Online)

[10] D. Arsyi Ammar, L. Esthi Riyanti, and D. Herwanto, “Analysis Of Reliability Pressure Regulated Valve Engine Rolls Royce Trent 700 On Airbus 330-300/200,” *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT*, vol. 42, no. 2, pp. 659–670, 2024, Accessed: Oct. 19, 2025.
[11] M. Makbul, “Metode Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian,” Jun. 15, 2021. doi: 10.31219/osf.io/svu73.
[12] Kesseba and Khaled, “Factors Influencing Performance Management of Non-Equity Joint Ventures in the Oil Sector,” 2018.
[13] A. Radjiq and I. Gunawan, “ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU DAN BAHAN BAKU KARBON AKTIF PADA SISTEM INSTALASI AIR BERSIH,” *MACHINERY Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 1, pp. 56–65, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15234445.
[14] J. Singh, K. Steele, and L. Singh, “Combining the Best of Online and Face-to-Face Learning: Hybrid and Blended Learning Approach for COVID-19, Post Vaccine, & Post-Pandemic World,” *Journal of Educational Technology Systems*, vol. 50, no. 2, pp. 140–171, Dec. 2021, doi: 10.1177/00472395211047865.
[15] L. Liliana, “A new model of Ishikawa diagram for quality assessment,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Dec. 2016. doi: 10.1088/1757-899X/161/1/012099.
[16] Q. Houghton, “Relative Acid Number For Hydraulic Fluids,” 2019. Accessed: Oct. 19, 2025.
[17] R. Doddannavar and A. Barnard, *Practical Hydraulic Systems Operation and Troubleshooting for Engineers and Technicians*, 1st ed. Burlington: Elsevier, 2005. Accessed: Oct. 19, 2025.
[18] M. Radhakrishnan, *Hydraulic Fluids*. New York: ASME Press, 2003. doi: 10.1115/1.801845.