

## Analisis *High Oil Consumption* Pada Pesawat Airbus 330 Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Dengan Konsep Fmea (*Failure, Measure, Analyze And Evaluate*)

Jamludin<sup>1</sup> Slamet Riyadi<sup>2</sup> dan Sumarno<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang  
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol-Tangerang  
Email: [jamaludin211183@gmail.com](mailto:jamaludin211183@gmail.com)

Submitted Date: Juni 26, 2024

Reviewed Date: Juli 30, 2024

Revised Date: Juli 31, 2024

Accepted Date: Juli 31, 2024

### Abstract

*Airbus 330 aircraft with engine type RR Trent 7000-72 experienced high oil consumption of 0.52 qrt/hour as well as PK-GYC registration experienced a height of 0.46 qrt/hour which is the normal limit of 0.6 qrt/hour and also a lot found seal debris in the MCD forward sump. As a result of high oil consumption bearing no. 3 wears out. In addition, the amount of oil contained in the oil tank is always reduced so you must always add oil so that the engine is in a safe condition when flying. The continuous increase in the amount of oil can increase the costs incurred by the company in using the oil. Of course, the role of oil is indispensable in the operation of the engine. This thesis describes the causal factors that lead to high oil consumption and tests on the oil used in the aircraft and the correct type of oil. Tests and checks were also carried out on the airline's Airbus 330 aircraft.*

**Keywords:** *O-ring, High Oil Consumption, RR Trent 7000-72.*

### Abstrak

Pesawat Airbus 330 dengan tipe engine RR Trent 7000-72 mengalami *high oil consumption* sebesar 0,52 qrt/hour begitu juga registrasi PK-GYC mengalami ketinggian 0,46 qrt /hour yang dimana batas normal nya 0,6 qrt/hour dan juga banyak ditemukan *seal debris* di MCD forward sump. Akibat dari *high oil consumption* bearing no.3 mengalami keausan Selain itu jumlah oli yang terdapat pada *oil tank* selalu berkurang sehingga harus selalu menambah oli agar engine dalam keadaan aman saat terbang. Meningkatnya penggunaan jumlah oli secara terus menerus dapat mengakibatkan tingginya biaya yang dikeluarkan maskapai dalam penggunaan oli tersebut Tentu saja peran dari oli adalah hal yang sangat diperlukan dalam pengoperasian engine. Skripsi ini menjelaskan faktor penyebab yang mengakibatkan *high oil consumption* dan pengujian pada oli yang digunakan di pesawat dan tipe oli yang tepat juga. Pengujian dan pengecekan pun juga dilakukan di pesawat airbus 320.

**Kata kunci:** konversi energi, perancangan, manufaktur, pengolahan material, teknik mesin.

## I. Pendahuluan

Teknologi pesawat yang semakin canggih tentunya memerlukan program dan fasilitas pemeliharaan yang memadai dan *compatible*. Dalam hal ini PT.A, Tbk merupakan salah satu *Maintenance Repair Organization (MRO)* kelas dunia yang perawatan pesawat udara yang terbilang lengkap. PT.A terbagi menjadi beberapa unit yang memfokuskan dalam bidangnya masing-masing. *Line maintenance* salah satu divisi dalam PT.A yang fokus dalam pemeliharaan dan perbaikan sebelum pesawat itu beroperasi. Setiap pekerjaan yang berkaitan dengan masalah kerusakan pesawat yang tidak terjadwal. Kemudian *routine maintenance* sampai dengan *a-check* merupakan pekerjaan

yang ditangani unit *line maintenance*.

Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai salah satu permasalahan yang terjadi berkaitan dengan tingginya konsumsi oli pada maskapai C yang dimanaperawatan dan perbaikan dilakukan di PT.A. Saat pengoperasiannya maskapai C mengalami *high oil consumption*. Dalam setiap pergerakan bearing yang berputar tinggi tentunya memerlukan oli yang dimana oli tersebut berfungsi sebagai pelumas antar bearing dan sebagai pendingin agar kinerja engine pesawat bekerja dengan optimal dikutip Eko Yuli Widiyanto dan Herry Hartopo 2016. Selain itu fungsi dari oli tersebut juga sebagai pembersih dari chip atau spartikel-partikel bearing yang bergesekan.

Saat salah satu engine bekerja dengan tidak optimal maka akan mengganggu jadwal penerbangan dikutip dari *Dr.Theodore E.2009*. Perlu diketahui bahwa kegiatan perawatan pesawat dan pemeliharaan pesawat udara bertujuan untuk memenuhi kemampuan pesawat tersebut dan mencegah terjadinya kegagalan maupun kerusakan pesawat yang akan mengakibatkan biaya pengeluaran yang lebih tinggi. Dalam hal ini bagian system *lubrikasi engine* yang tidak sempurna atau kegagalan dalam system *lubrikasi* yang terjadi saat mengudara.

Setiap sistem pada pesawat udara didesain untuk selalu memiliki backup saat terjadi kegagalan/kerusakan seperti pada mesin pesawat yang memiliki 2 engine saat mengudara terdapat kerusakan pada 1 engine mungkin masih dapat teratasi oleh engine 2 namun jika kedua engine mengalami kerusakan saat beroperasi kejadian seperti ini merupakan hal fatal yang dapat mengakibatkan kecelakaan dan jatuhnya korban jiwa.

Perlu diingat bahwa kegiatan perawatan dan pemeliharaan pesawat udara bertujuan untuk memenuhi kemampuan desain aslinya dan mencegah terjadinya kegagalan maupun kerusakan saat pesawat sedang mengudara khususnya dalam hal ini pada mesin pesawat udara, namun kegiatan pemeliharaan yang dilakukan ternyata tidak 100% mengeliminasi resiko tersebut contohnya pada kejadian *overheat* dalam system *lubrikasi oli* pada mesin pesawat saat mengudara dikutip *Rohman Fauzi, Alvan (2022)*. Pada tanggal 19 Oktober 2019, engine pesawat maskapai C dengan registrasi PK-GYC posisi engine 2 mengalami *high oil consumption* tentunya laporan dari pilot bukan hanya kali ini aja dan sering kali terjadi dengan dilihatnya penambahan oil yang berlebih yang dapat dilihat di *Aircraft Maintenance Logbook (AML)* atau catatan-catatan perawatan pesawat udara yang di report oleh pilot maupun teknisi.

Setelah dilakukan investigasi dapat disimpulkan bahwa pada mesin tersebut mengalami HOC (*high oil consumption*), hal ini terindikasi dengan banyaknya jumlah kenaikan konsumsi oli sebanyak 0,52 qrt/hour, menurut data dari pabrik mengenai jumlah konsumsi oli yang diperbolehkan 0,6 qrt/hour. Penyelesaian masalah ini akan dianalisis dengan metode *FMAE (Failure, Measure, Analyze and Evaluate)* dikutip *Dedi Supriyadi (2020)*. Salah satunya dengan pengumpulan data di lapangan seperti pada berapa *flight hours* pesawat tersebut mengalami *high oil consumption*, apa penyebabnya, solusi dan perbaikan yang akan dilakukan.

## II. Metode Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di Engine Shop PT.AeroAsia Tbk, yang bergerak dibidang *Maintenance, Repair, Overhaul (MRO)* pesawat udara. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Desember tahun 2023 sampai dengan Mei 2024.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data menggunakan metode *FMAE (Failure, Measure, Analyze, Evaluate)* ini, antara lain:

- (a) Tahap *failure*. Pada tahap ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:
  1. Pengambilan data dilakukan setelah proses *preliminary inspection*.
  2. Pernyataan masalah
  3. Pendefinisian efek *in-flight shutdown* terhadap berbagai elemen
- (b) Tahap *measure*. Pengukuran yang dilakukan disesuaikan dengan data interpretasi di lapangan dengan menyajikan penyebab-penyebab HOC menggunakan diagram pareto.
- (c) Tahap *analyze*. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap masalah yang berpotensi menimbulkan HOC. Adapun tahapan yang dilakukan adalah menggunakan diagram sebab dan akibat, pada tahap ini akan tampak lebih jelas penyebab HOC dan akibatnya sehingga dapat dicari jalan keluar

terbaik untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi.

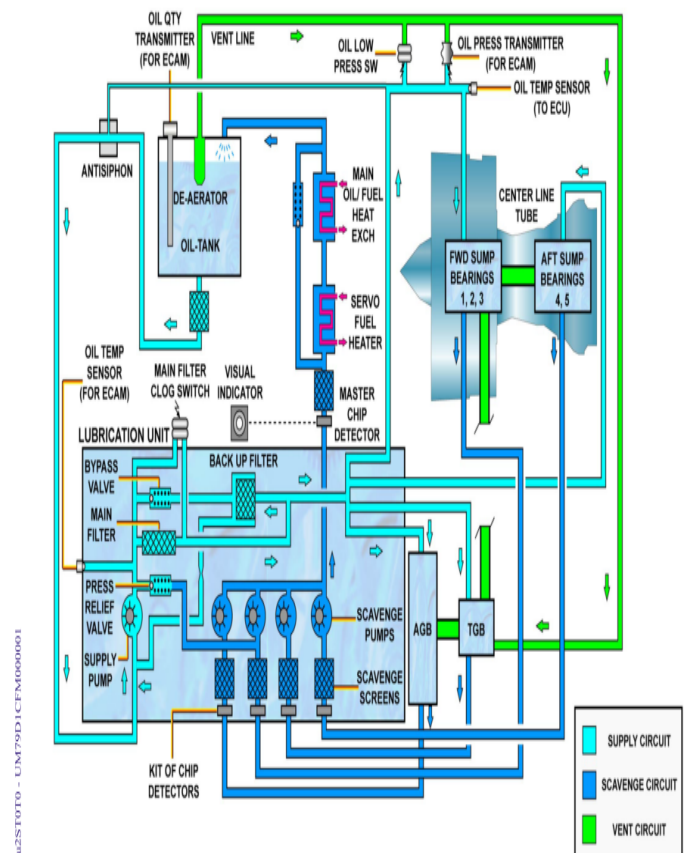
Fungsi utama *oil system* pada pesawat ialah mencukupkan pasokan pelumas dengan temperature dan tekanan yang tepat ke engine internal drive, gear bearing. Pelumasan untuk meningkatkan suhu dan menjaga kegunaan minum. *Oil system* juga didesain untuk menghangatkan bahan bakar menjaga bahan bakar dari icing. *Oil System* terdiri dari beberapa komponen yang saling mendukung. Komponen-komponen tersebut diantaranya adalah *oil tank*, *oil pump*, *oil scavage pump*, *oil filter*, *oil bypass valve*, *check valve*, *pressure regulating valve*, *magnetic chip detector*, *oil cooler*, *oil pressure transmitter*, *oil temperature bulb*, *oil pressure indicator* dan *oil temperature indicator*.

Cara kerja *lubrication system* pelumasan pada pesawat Airbus 330 PK-GYC ini menggunakan tipe *dry sump system* yang dimana oil ditampung dalam tempat tersendiri (*oil tank*) terpisah dari bagian yang dilubrikasi. Oil dalam *oil tank* tersebut dihisap oleh *supply system* menuju ke filter untuk disaring partikel atau kotoran dari pelumas, sehingga *oil* yang akan digunakan untuk melumasi *engine* bersih dari partikel-partikel sisa pelumasan sebelumnya.

Apabila filter tersebut tersumbat maka dengan otomatis oli akan mengalir melewati *bypass valve*. Kemudian *oil* mengalir menuju *oil pressure switch* dan *oil pressure transmitter* yang saling berhubungan untuk dihubungkan pada *Engine Instrument System (EIS)*. Apabila terjadi *high oil pressure* maka *switch* yang terdapat pada *low oil pressure warning switch* ini akan digerakan oleh tekanan *oil* tersebut untuk memutus arus *electric* dan *oil pressure indicator* pada *Engine Instrument System (EIS)* akan berwarna hijau dan berkedip mengindikasikan adanya kenaikan *oil* lebih dari 15,25 psi. *Low oil pressure warning switch* berfungsi mengubah tekanan *oil* menjadi *signal electric*. Pada tekanan *oil* yang normal masa *switch* yang terdapat pada *low oil pressure warning switch* ini akan

digerakan oleh tekanan *oil* tersebut untuk memutus arus *electric* dan *oil pressure indicator* pada *Engine Instrument System (EIS)* akan berwarna hijau mengindikasikan *oil pressure* dalam keadaan normal.

Apabila terjadi *low oil pressure*, maka *switch* yang terdapat pada *low oil pressure warning switch* yang ada di dalamnya akan menghubungkan arus *electric* dan *oil pressure indicator* pada *Engine Instrument System (EIS)* akan berwarna merah mengindikasikan adanya penurunan *oil* kurang dari 12.25psi dan juga *indikasi low oil pressure* pada *Engine Instrument System (EIS)* akan menyala menandakan adanya *low oil pressure*. Kemudian *oil* tersebut didistribusikan ke *accessory gearbox*, *forward sump* dan *aft sump*.



Gambar 1. Distribusi Oil Engine

Setelah itu *oil* yang telah digunakan untuk pelumas tersebut akan disirkulasikan kembali dan dihisap oleh *scavage pump*. Dari *scavage pump* tersebut *oil* di pompa melewati *magnetic chip detector* untuk

mengetahui ada atau tidaknya metak di *particle* yang terbawa dalam aliran *oil*. *Scavange pump* selain berfungsi mengembalikan atau menguras *oil* dari *accessory gearbox*, *forward sump* dan *aft sump* juga untuk memompa *oil* dikembalikan ke dalam *oil tank* yang melalui *scavange filter* yang berfungsi sebagai penyaring untuk mencegah kotoran atau *oil* yang terkontaminasi setelah pelumas didalam *bearing compartment* dan *accessories drive*, agar *oil* tetap dalam keadaan bersih sebelum masuk ke dalam *oil tank*.

Dari *scavange filter* mengalir menuju *check valve* yang berguna untuk menahan aliran balik apabila tekanannya melebihi dari tekanan yang dihasilkan *oil scavange pump*. Selain itu *scavange filter* juga dilengkapi dengan *filter scavange filter by-pass valve* dan *clogging indicator*. Dimana berfungsi untuk menjaga kelebihan tekanan atau menjaga aliran apabila ada kotoran pada *scavange filter*. Apabila *filter* kotor maka aliran *oil* tidak lancar dan akan berakibat pada kenaikan tekanan sehingga aliran *oil* tersebut akan mengalir melalui *scavange filter by-pass valve* dan juga *oil filter by-pass light* pada *Engine Instrumen System (EIS)* akan menyala menandakan *oil* melewati *filter by-pass valve* dan *clogging indicator* akan membuka penuh apa bila tekanannya lebih 39,2psi.

Setelah *oil* masuk kedalam *main oil/fuel heat exchanger* untuk didinginkan sebelum masuk kembali ke dalam *oil tank*. *Oil* yang telah digunakan untuk pelumasa, akan menjadi panas akibat gesekan pada *bearing compartment* dan *accessories drive* secara terus-menerus. Bila *oil temperature* terlalu tinggi, *oil* didinginkan oleh *oil cooler*. *Oil* yang bermasalah dari *scavange filter* terus mengalir melalui *main oil/fuel heat exchanger*. Pada *main oil/fuel heat exchanger* terdapat *tube fuel* dan *oil tube* yang saling bergantung.

*Tube* berfungsi untuk mengalirkan *fuel* sebagai media pendingin *oil* dan *oil* sebagai pemanas *fuel*. *Fuel* ini mengalir sebelum *fuel*

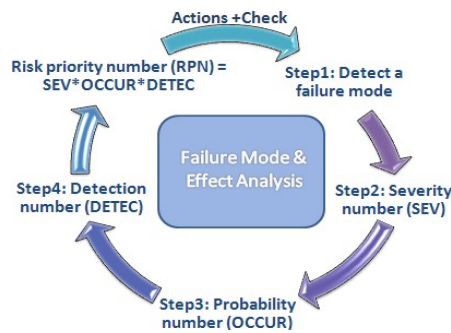
*nozzle*. Bagaimana *oil/fuel heat exchanger* dilengkapi dengan *main oil/fuel heat exchanger by-pass valve* yang mengalir *oil*, jika tekanan *oil* mencapai 130 psi. Apabila *oil pressure* didalam *accessories drive* menuju *center vent tube* yang terletak pada *oil tank* dan *accessories drive* menuju *center vent tube* yang terdapat didalam *engine* guna membuang tekanan berlebih ke *atmosphere*. Setelah *oil* didinginkan. *Oil* terus mengalir kedalam *oil tank* dan akan bersikulasi kembali.

### III. Hasil dan Pembahasan

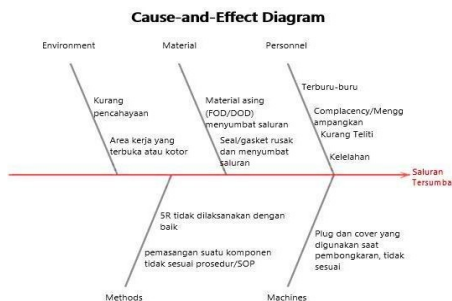
*Six Sigma* merupakan metode *process improvement* yang sistematis untuk digunakan pada perbaikan proses yang berdasarkan metode statistik dan metode ilmiah untuk mengurangi terjadinya cacat. Pengertian dasar sigma yaitu standar deviasi yang ukuran menunjukkan variasi sebaran atau rentangan data dari sebuah populasi atau sampel bisa juga sebagai ukuran untuk memunjukkan seberapa dekat data individu dari titik tengah atau rata-ratanya. *Six Sigma* artinya 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) atau bahwa 99,99966 persen dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada produk barang/jasa itu. Konsep inilah yang kemudian diadopsi untuk dijadikan target hasil atau output dari sebuah proses, tidak ada produk yang berada di luar standar mutu atau tidak ada produk yang cacat, walaupun ada jumlahnya sangat sedikit sekali.

Model perbaikan yang digunakan untuk menuju target *Six Sigma* merujuk kepada metode DMAIC yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*. Metode tersebut diterapkan baik pada usaha perbaikan proses maupun pada perancangan ulang proses dikutip dari Dedi Supriyadi (2020). Kemudian untuk menjabarkan faktor-faktor yang mengakibatkan HOC akibat penyumbatan pada saluran oli berikut diagram sebab akibat yang sudah diolah. Hasilnya terdapat serpihan material dari seal yang terkelupas dan memungkinkan terjadinya penyumbatan pada saluran oli, yang

akibatnya menghambat sirkulasi pelumasan, khususnya oil return atau kembalinya oli dari sistem menuju oil tank dikutip dari Rohman Fauzi, Alvan (2022). Sehingga yang menjadi fokus masalah pada kasus HOC inibukan pada pareto problem tetapi pada penyumbatan.



**Gambar 2.** Siklus FMEA.



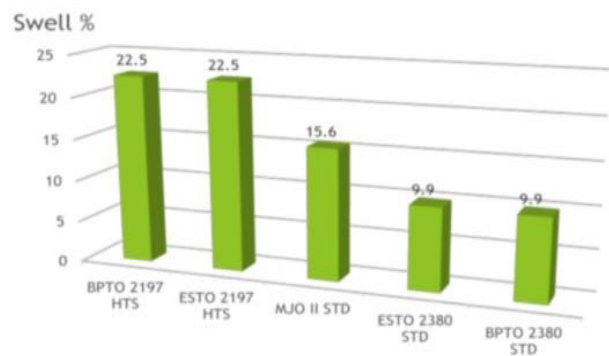
**Gambar 3.** Diagram Fisbone akibat penyumbatan



**Gambar 4.** Penyumbatan Seal

Pengujian laboratorium terhadap sampel oli yang digunakan di pesawat yaitu BPTO 2197 menunjukkan bahwa pada suhu  $\pm 2000$  C rubber deterioration index pada oli

tersebut cukup tinggi dan menyebabkan penurunan kualitas pada bahan karet dikutip *Dr.Theodore E.2009*. Ketahanan oli harus diuji di Lab dengan syarat viskositas rendah untuk pelumasan yang lebih baik lagi, oli tipe 2380 memiliki sifat viskositas rendah, memiliki peran kecenderungan berbusa lebih rendah dan memiliki sifat kerusakan karet lebih rendah.



**Gambar 5.** Perbandingan hasil uji rubber deterioration pada 4 jenis oli yang digunakan

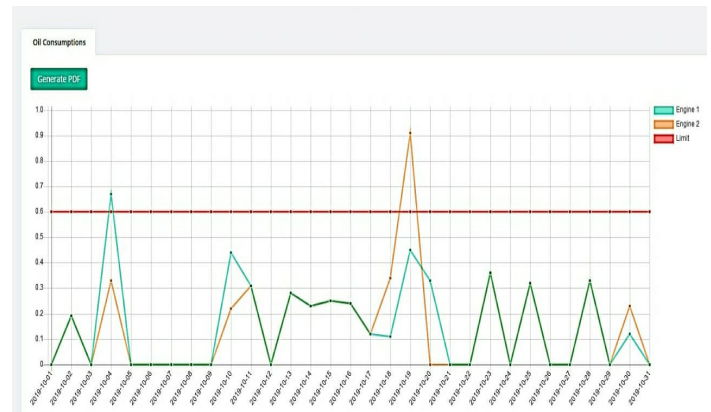
Pengujian lab memberikan penurunan karet / seal saat pengujian kekuatan dan kondisi dalam uji lab karena reaksi termal dan kimia. Oli dengan tingkat kerusakan karet yang lebih rendah baik untuk operasi engine banyak jenis metode standar dapat digunakan untuk menguji sifat kerusakan karet. AMS no 3217/4 adalah salah satunya. Oli diuji dengan suhu 204 deg C selama 72 jam *Dr.Theodore E.2009*.

Setelah dilakukan pengujian terhadap sampel oli dengan hasil yaitu karakteristik oli yang digunakan merusak bahan seal maka dilakukan penggantian oli dengan oli yang sesuai spesifikasi seal yaitu BPTO 2380. Kemudian sebagai tindakan preventive dari HOC maka seluruh engine yang sempat menggunakan oli tersebut harus dilakukan penggantian seal. Jenis oli harus memenuhi persyaratan spesifikasi tertentu untuk mendapatkan persetujuan kualitas dari pabrikan engine dikutip dari Kusuma Dhalimarta, Ryan (2022).Setelah melakukan recommended action pengambilan data dilakukan berdasarkan observasi di lapangan.

Mengganti Oli BPTO 2197 ke BPTO 2380 sangat disarankan untuk perusahaan Dan perlu di jelaskan Perhitungan biaya untuk mengetahui seberapa jumlah penghematan perusahaan dengan dilakukan penelitian.

Tindakan Preventif sebagai upaya meningkatkan level keselamatan penerbangan, tentunya tindakan preventif diperlukan, dari kejadian HOC ini dilakukan tindakan preventif, diantaranya:

1. Seluruh *engine* pesawat yang sudah terlanjur menggunakan oli tersebut, harus dilakukan penggantian *seal*.
2. Melakukan penjadwalan terhadap penggantian *seal* yang akan dilakukan agar tidak mengganggu jadwal penerbangan.
3. Membentuk tim khusus untuk melakukan penggantian *seal* agar proses tersebut tidak menghabiskan banyak waktu dan sesuai jadwal yang telah ditetapkan, tim tersebut terdiri dari *assy/disassy, cleaning, inspection* dan *material coordinator*.
  - a. Seluruh *engine* pesawat yang sudah terlanjur menggunakan oli tersebut, harus dilakukan penggantian *seal*.
  - b. Melakukan penjadwalan terhadap penggantian *seal* yang akan dilakukan agar tidak mengganggu jadwal penerbangan
  - c. Membentuk tim khusus untuk melakukan penggantian *seal* agar proses tersebut tidak menghabiskan banyak waktu dan sesuai jadwal yang telah ditetapkan, tim tersebut terdiri dari *assy/disassy, cleaning, inspection* dan *material coordinator*



**Gambar 6.** Grafik peningkatan konsumsi oli PK-GYC dalam 12 bulan periode Oktober 2018 – Oktober 2019

#### IV. Kesimpulan

Pergantian oli dari BPTO 2197 ke BPTO 2380 cukup disarankan karena maskapai pesawat C jarang mengalami kenaikan temperature oli tinggidan tekanan oli tinggi, begitu pun dengan *seal* atau packing yang sudah dipakai sebelumnya oli BPTO 2197 dan hampir sama yang dimiliki maskapai seluruh dunia, maka dari itu pabrik khususnya manufaktur engine direkomendasikan untuk

1. Mengganti *seal* atau teflon baru
2. Semua *engine* pesawat yang menggunakan oil BPTO 2197 diganti dengan oil BPTO 2380
3. Dilakukan *servicing* untuk menggantikan oil lama dengan oil baru pada semua area *engine* seperti, *accessory gearbox, transfer gear box* dan semua komponen yang berhubungan dengan oil BPTO 2197.

#### Daftar pustaka

- Airbus (2019) *Aircraft Maintenance Manual A318/319/320/321/330*, di akses pada tanggal 10 November 2020.
- Dedi Supriyadi (2020), *Analysis of APU High Oil Temperature Shutdown on Boeing 737-800 Aircraft with Fishbone Diagram Method*, Jurnal Politeknik

- Negeri Bandung  
New York.
- Dr.Theodore E.2009. *Oil,Gas and PetroChemicals-The secret world of energy.*New York
- Arini T.Soemohadiwidjojo.2009.*Six Sima Metode Pengukuran Kinerja Perusahaan Berbasis Statistik,* Penerbit Erlangga : Jakarta
- Work Order Number 803166970.CFM56-5B Engine Oil Change & Servicing.Dipublish 2 November 2020
- Kusuma Dhalimarta, Ryan (2022) *Penanganan Dan analisis High Oil Consumption Pada Auxiliary Power Unit Pesawat BOEING 737-800 NEXT GENERATION DI HANGAR 4 PT.GMF AEROASIA.* Tugas Akhir thesis, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto
- Capt Desmond Hutagaol., 2013,*Pengantar Penerbangan Perspektif Profesional,* .Penerbit Erlangga : Jakarta
- Engineering Information Airbus 330 Citilink Indonesia.Airbus 330.Accessory Gearbox Oil Leaks.Perancis.Dipublis pada tanggal 15 July 2019.
- CASR part 145.Rev1.2006. Approved Maintenance Organization. Jakarta.Kementrian Perhubungan.
- Eko Yuli Widiyanto dan Herry Hartopo 2016 , Analisis Terjadinya High Oil Consumption Pada Lubrication System Pesawat BOEING 737-500 PK-GGF, Jurnal Universitas Nurtanio Bandung
- Ir.Sani,MT.Pengaruh pelarut Phenol Pada Reklamasi Minyak Pelumas Bekas, ISBN: 978-602-8915-63-2)
- Rohman Fauzi, Alvan (2022) Analisis Terjadinya High Oil Consumption Pada Lubrication System Engine CFM56-3 Pesawat BOEING 737-500 Dan Cara Penaggulangannya. Tugas Akhir thesis, SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI KEDIRGANTARAAN YOGYAKARTA
- Kroes, M.J, Wild, T.W., 1990, Aircraft Powerplant, 7th Edition, McGraw-Hill,