

Studi Kasus *Vibration Fanblade* pada *Engine CFM56-7B* Pesawat B737-800NG PK-BGO

Daril Syaefudin^{*1}, Mohamad Alif Dzulfiqar, S.T., M.T.* and Moeljanto, S.T., M.M.*

* Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia
¹E-mail: daril.syaefudin@gmail.com

Abstrak

Gas turbine engine CFM56-7B memiliki rotasi *fan-blade* yang sangat tinggi, sehingga mampu menghasilkan *thrust* yang besar pada pesawat. Namun, semakin tinggi putaran yang dihasilkan, risiko vibrasi juga semakin besar. Vibrasi pada *engine* pesawat adalah hal yang wajar, tetapi tetap ada batas toleransi vibrasi yang ditetapkan, yaitu sebesar 1,5 mils. [3] Vibrasi yang terjadi tidak dapat dihindari namun dapat ditangani sesuai prosedur yang ada di manual saat pesawat sedang *cruising* atau mengudara. Vibrasi berlebih pada mesin ini terdeteksi oleh *Engine Indicating and Crew Alerting System (EICAS)* yang terhubung dengan *airborne vibration monitoring (AVM)*. Data yang terkumpul digunakan untuk menentukan apakah perlu dilakukan perawatan atau tidak. Hasil *AVM* menunjukkan batas vibrasi sebesar 3,5 sehingga menyebabkan vibrasi sangat tinggi. Untuk mengembalikan kondisi *engine* ke keadaan normal, dilakukan penanganan dengan *fan lubrication*. [3] Saat *fan lubrication* dilakukan, ditemukan beberapa *platform* yang mengalami kerusakan akibat vibrasi berlebih, sehingga komponen mesin rusak dan perlu diganti. Penggantian *platform* pada bagian *fan major module engine* dilakukan sesuai prosedur yang tercantum pada *task card* dan *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*. [1]

Kata kunci: *Vibration, Engine CFM56-7B, Limitasi*

Abstract

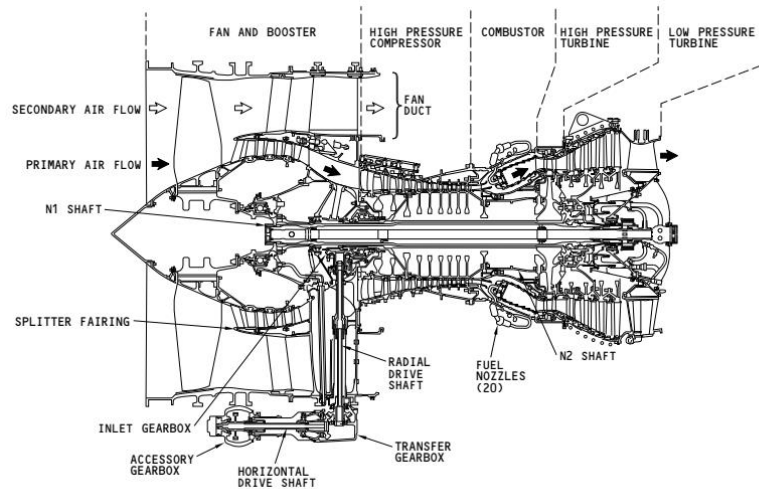
The The CFM56-7B gas turbine engine has a very high fan-blade rotation, which is capable of generating large thrust on the aircraft. However, the higher the rotation, the greater the risk of vibration. Vibration in aircraft engines is normal, but there is still a vibration tolerance limit set, which is 1.5 mils. [3] Vibration that occurs cannot be avoided but can be handled according to the procedures in the manual when the aircraft is cruising or in the air. Excessive vibration in these engines is detected by the Engine Indicating and Crew Alerting System (EICAS) which is connected to the airborne vibration monitoring (AVM). The data collected is used to determine whether or not maintenance is required. The AVM results showed a vibration limit of 3.5 causing very high vibrations. To bring the machine back to normal, fan lubrication was used. [3] When fan lubrication was carried out, several platforms were found to be damaged due to excessive vibration, so that the engine components were damaged and needed to be replaced. Replacement of the platform on the fan major module engine is carried out according to the procedures listed on the task card and Aircraft Maintenance Manual (AMM). [1]

Keywords: *Vibration, Engine CFM56-7B, Limitation*

1 Pendahuluan

B737-800 adalah varian ketiga dari pesawat ini: varian yang paling umum dengan total 4.991 pesawat komersial dipesan (4.989 telah dikirim), 186 pesawat militer dipesan (145 telah dikirim), dan 23 pesawat jet perusahaan dipesan (21 telah dikirim). *B737 NG* dilengkapi dengan teknologi canggih, seperti jendela berteknologi tinggi dan sistem interior pesawat yang diambil dari *Boeing 777*, dengan kapasitas penumpang antara 108 hingga 215 orang. Pesawat ini menggunakan *engine* seri *CFM56-7B*. *Engine CFM56-7B* adalah *engine turbofan* dengan bypass tinggi, dual rotor, dan aliran aksial. *Engine* ini didukung oleh *wing pylon* dan dilengkapi dengan *cowling* yang aerodinamis.

Udara dihisap oleh *fan blade* melalui *intake* dan terbagi menjadi dua aliran: *primary* dan *secondary*. Aliran *primary* melewati bagian dalam *fan blade*, kemudian melalui *booster* (tekanan rendah), dan memasuki *compressor* (tekanan tinggi). Di dalam *combustion chamber*, udara dicampur dengan bahan bakar dan dinyalakan, menghasilkan aliran gas yang memberikan ekspansi energi ke turbin tekanan tinggi dan turbin tekanan rendah.



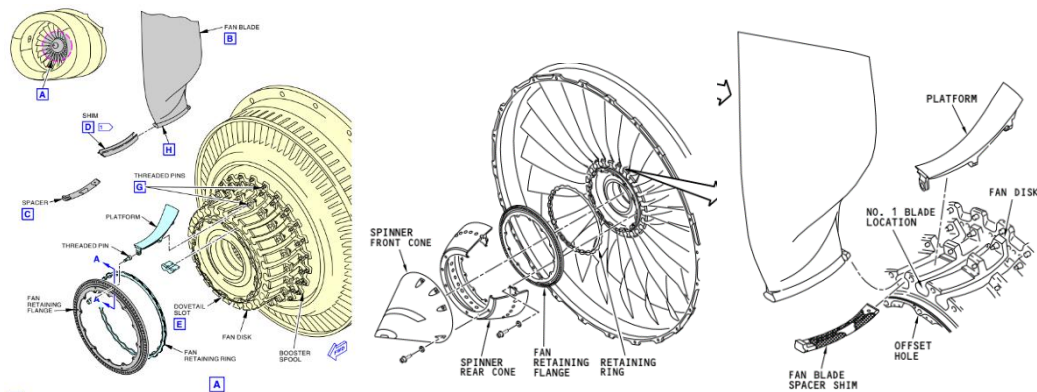
M87842 50004632018_V1

Gambar 1 : Bagian Engine & Aliran Airflow

Ketika *engine CFM56-7B* beroperasi, ketidakseimbangan pada *fan blade* dapat terjadi. *Fan Blade Unbalance* didefinisikan sebagai ketidakseimbangan pada *turbine engine* yang disebabkan oleh perbedaan gaya dan tekanan yang bekerja pada setiap *fan blade*. Ketidakseimbangan gaya dan tekanan ini menyebabkan vibrasi yang tidak normal pada *engine*. Vibrasi pada *engine* pesawat adalah hal yang lumrah, namun tetap ada batas toleransi untuk vibrasi yang berlaku pada *engine* pesawat. Beberapa faktor yang dapat menjadi penyebab utama terjadinya vibrasi tinggi pada *engine* pesawat meliputi:

1. Penurunan kinerja relubrikasi
2. *Shim* yang patah (*Broken shim*)
3. *Spacer* yang patah (*Broken Spacer*)
4. Kerusakan pada *platform* (*Platform tear off*)
5. Kerusakan akibat benda asing (*Foreign Object Damage, FOD*)

Vibrasi pada *engine* pesawat adalah hal yang tidak bisa dihindari, namun dapat dimonitor sesuai prosedur yang terdapat di *maintenance manual* ketika pesawat sedang mengudara atau *cruising*. Kelebihan *vibration* pada *engine* dapat dideteksi melalui *Engine Indicating and Crew Alerting System (EICAS)* yang terhubung dengan *Airborne Vibration Monitoring (AVM)*. Data yang dikumpulkan digunakan untuk menentukan apakah diperlukan perawatan atau tidak. Salah satu tindakan yang dapat dilakukan sesuai prosedur *maintenance manual* untuk memonitor vibrasi pada *engine* adalah pelumasan *fan blade* (*Fan Blade Lubrication*).

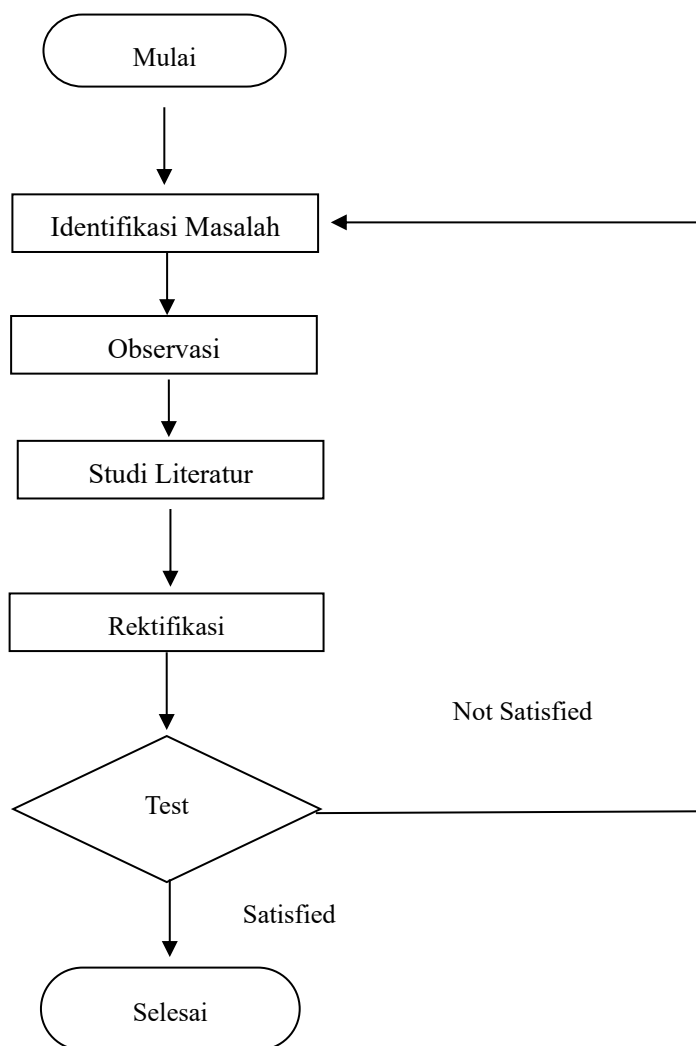


Gambar 2 : Bagian Bagian Fannblade

Fanblade Lubrication adalah proses pelumasan yang bertujuan untuk mengurangi gesekan antara *fan blade* dan *fan disk*, serta mengurangi *engine vibration*. Proses ini juga melibatkan inspeksi komponen yang berhubungan dengan *fanblade*, seperti *front spinner*, *rear spinner*, *retaining flange*, *elastomer*, *retainer ring*, *spacer*, *platform*, *fan disk*, *shim*, dan *fan blade*, untuk mencegah gesekan antar logam dan memperpanjang umur komponen yang terpasang pada *fan blade*. Pelaksanaan *maintenance* ini harus mengikuti panduan dari *AMM chapter 72-21-00*. Kegiatan ini dilakukan saat *schedule maintenance* atau *unschedule maintenance*. Untuk perawatan terjadwal, lubrikasi dilakukan setiap 3000 siklus penerbangan, 5000 jam terbang, atau setiap fase kelipatan lima (P5, P10, P15, P20) di mana setiap fase berlangsung selama 84 hari. Sedangkan untuk *unschedule maintenance*, dilakukan jika terjadi gangguan seperti getaran, *bird strike*, atau kerusakan pada permukaan *blade*.

Pesawat *Boeing 737-800NG* dengan registrasi PK-BGO yang sedang *maintenance* terdapat temuan masalah berupa indikasi *high vibration fanblade* yang melebihi batas limitasinya 3.5. Untuk itu tujuan dari pada penelitian ini adalah mengidentifikasi lebih lanjut terkait permasalahan *high vibration fanblade* dan melakukan proses *troubleshooting* sesuai dengan prosedur yang ada pada *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*. Adapun batasan masalah yang diambil adalah proses identifikasi dan perbaikan dilakukan hanya pada *high vibration fanblade* di *engine CFM56-7B* pesawat B737-800NG PK-BGO yang sedang melaksanakan *unschedule maintenance*. Ruang lingkup lokasi pelaksanaan studi kasus pada objek ini berada di PT Batam Aero Technic.

2 Metodologi Penelitian



Gambar 3 : Flowchart Metodologi Penelitian

2.1. Identifikasi Masalah

Selama proses *unscheduled maintenance* dilakukan inspeksi sesuai dengan batasan dan pergantian komponen berdasarkan dokumen dari program *maintenance* tersebut. Dari inspeksi tersebut ditemukan beberapa permasalahan, salah satunya adalah kasus terjadinya *vibration fanblade pada engine*. Hal ini terlihat ketika sedang melaksanakan *engine ground run* yang dimana *vibration fanblade pada engine* melewati batasan limitasi yang tidak seharusnya terjadi.

2.2. Studi Literatur

Pada temuan masalah tersebut, diperlukan untuk mengetahui penyebab dan cara penanganan yang tepat agar pesawat dapat berfungsi dengan baik. Studi literatur dilakukan untuk mencari serta mengumpulkan informasi dan data pada kasus tersebut berdasarkan prosedur *maintenance* berupa *AVM, FIM, AMM, Engineering Information B&37NG-EI-72-707 Fan Vibration (NI) Monitoring and Rectification, Safety, Security and Quality (SSQ) Directorate*.

2.3. Studi Observasi

Penanganan kasus tersebut tidak hanya mengacu pada *maintenance manual Boeing 737* saja, tetapi juga melakukan observasi untuk mencari data informasi tambahan dengan menanyakan langsung atau melakukan konsultasi kepada *engineer* yang sudah berpengalaman untuk menangani masalah ini sesuai dengan manual yang ada..

2.4. Rektifikasi

Rektifikasi merupakan proses perbaikan pada komponen *Engine FanBlade*. Prosedur tersebut dapat dilihat di *Aircraft Maintenance Manual*.

2.5. Test

Setelah melakukan penanganan pada kasus tersebut, dilaksanakan pengetesan terhadap *FanBlade* untuk memastikan kembali apakah sudah berfungsi dengan normal atau masih ada permasalahan lain yang perlu untuk dilakukan *maintenance*. Terdapat dua kategori untuk memastikan apakah perlu dilakukan *maintenance* ulang, yaitu *satisfied* yang berarti sistem tersebut sudah tidak ada permasalahan lagi atau *not satisfied* yang berarti sistem tersebut masih memiliki permasalahan lain sehingga harus dilakukan identifikasi masalah kembali.

3 Analisa Data dan Pembahasan

3.1. Cara kerja Fanblade pada Engine CFM56-7B

Fanblade pada mesin berfungsi untuk mengalirkan udara dari inlet ke compressor. Ada dua aliran udara yang dialirkan oleh *fanblade*, yaitu aliran yang menuju ke *primary* dan aliran yang menuju ke *secondary*. *Primary* adalah udara yang mengalir ke compressor, yang jumlahnya sekitar 25%, sedangkan *secondary* adalah udara yang mengalir untuk mendinginkan mesin, yang jumlahnya sekitar 75%. *Fanblade* juga memutar *compressor* karena *fanblade* dan *compressor* berada pada satu poros. Jadi, ketika *fanblade* berputar, *compressor* juga ikut berputar.

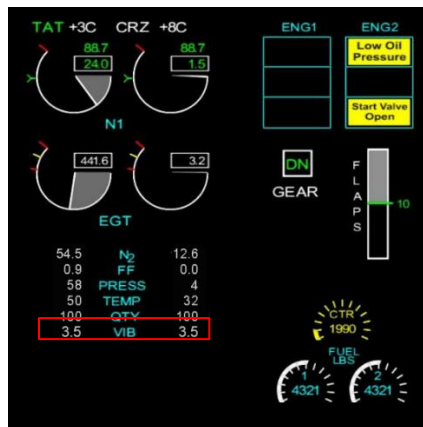
3.2. Permasalahan yang terjadi pada Fanblade

Masalah yang terjadi adalah *high vibration engine CFM56-7B24E serial number 862780* pada *fanblade*, yang dapat menyebabkan *vibration* pada *engine*. *high vibration* ini disebabkan oleh perputaran *fanblade*. Untuk mengatasi *vibration* ini, perlu dilakukan pengecekan *limitations vibration* pada *fanblade* melalui *indikasi Display Unit* dan *Airborne Vibration Monitoring*, serta inspeksi menyeluruh pada bagian *fanblade*, termasuk *front spinner cone, spinner rear cone, fan retaining flange, retaining ring, platform, spacer, dan fanblade*. Jika batas *vibration* melebihi angka ≥ 3.0 maka perlu dilakukan *fan lubrication* untuk mencegah *vibration*, serta mencatat *limitations vibration* yang telah ditangani.

3.3. Pembahasan masalah

Pada saat melaksanakan *unscheduled maintenance* di dapatkan kasus *high vibration* pada *engine CFM56-7B24E serial number 862780*. Faktor penyebab terjadinya *high vibration* di *Boeing 737-800 NG PK-BGO* adalah karena Penurunan kinerja relubrikasi, *shim* yang patah (*Broken shim*), *spacer* yang patah (*Broken Spacer*), Kerusakan pada *platform* (*Platform tear off*), kerusakan akibat benda asing (*Foreign Object Damage, FOD*) sehingga menyebabkan batasan limitasi vibrasi yang telah dilakukan. Saat proses *engine ground run* dilakukan muncul data angka vibrasi

di *display unit* cockpit dan *airbone vibration monitoring* yang di mana akan menjadi acuan akan dilakukan *maintenance* selanjutnya. Dapat dilihat gambar di bawah ini indikasi vibrasi yang terlihat di *Display Unit*.



Gambar 4 : Indikasi *Vibration Display Unit*

Pesawat dengan engine CFM56-7B *serial number* 862780 memiliki 24 *fanblade*. Setiap *fanblade* diperiksa, khususnya bagian *dovetail*, dengan menggunakan *AVM* untuk memastikan tidak melebihi batas yang ditentukan. Jika *vibration engine* mencapai ≥ 3.0 di kokpit, informasi ini akan masuk ke *Engine Trend Monitoring* di portal *CFM* yang hanya bisa diakses oleh teknisi. Untuk memeriksa vibrasi *engine*, dilakukan *Built-In Test Equipment (BITE)* dengan menekan tombol pada perangkat *AVM*, yaitu tombol (*YES*), (*NO*), (\uparrow), dan (\downarrow). Data Vibrasi yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menemukan bagian yang menyebabkan vibrasi berlebih pada *engine*. Dapat dilihat gambar di bawah ini.



Gambar 5 : *Airbone Vibration Monitoring*

Apabila di biarkan dan dioperasikan secara terus menerus maka dapat menyebabkan bahaya pada engine pada saat waktu *start engine di ground*. Adapun referensi untuk menentukan Tindakan lebih lanjut terhadap kasus *high vibration di Boeing 737-800 NG PK BGO* ini dengan melihat table limitasi *Fan Vibration (N1) Monitoring and Rectification, Safety, Security and Quality (SSQ) Directorate* yang terdapat pada *Engineering Information B737NG-EI-72-707* untuk mengetahui angka batasan dan waktu yang di tentukan terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1

Engineering Information B737NG-EI-72-707 Fan Vibration (N1) Monitoring and Rectification, Safety, Security and Quality (SSQ) Directorate

No	Vibration Level	Task	Period	Remarks (PIC Engine)
1	Vib \geq 1.5 unit	Plan to fan trim balance	At convenience	Monitor
2	Vib > 2.0 unit Vib < 3.0 unit	Fan trim balance	Whitin 14 days	If 2 times fan trim balance can't solve the problem, do task 3
3	Vib \geq 3.0 unit Vib < 4.0 unit	<ul style="list-style-type: none"> • Platform Seal Inspection • Fanlube (If Necessary) • Fan trim balance • Test 7 	Next day	Reroute to base/hib to perform the task
4	Vib \geq 4.0 unit	<ul style="list-style-type: none"> • Platform seal inspection • Fan Lubr • Fan trim balance • Test 7 	AOG	

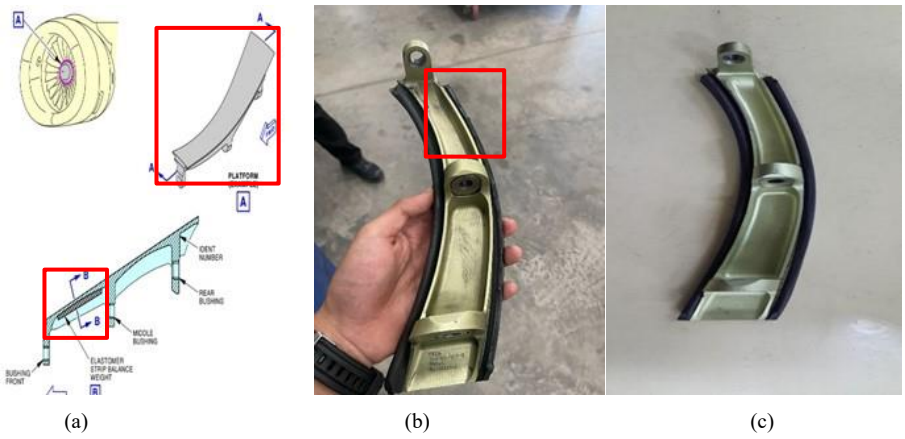
3.4. Perbaiki masalah

Karena vibrasi yang terdapat pada indikasi cockpit sebelum rektifikasi dilakukan menunjukkan nilai 3.5 selanjutnya melakukan hal proses *Fanlube* sesuai aturan yang terlihat pada Tabel 1 No 3. Diharuskannya membongkar *fanblade* dan membersihkannya sesuai yang tercatat dalam *Maintenance Manual Practices Fan Rotor Blades and Fan Disk Lubrication TASK 72-21-00-640-801-F00*, yang di mana proses *Fan lubrication* pada *engine* pesawat memiliki tujuan utama untuk memastikan bahwa komponen-komponen yang bergerak pada *fan*, seperti bantalan (*bearing*) dan *shaft*, berfungsi dengan lancar dan efisien. Berikut adalah beberapa tujuan utama dari *fan lubrication* : mengurangi getaran dan kebisingan, mengurangi gesekan, mencegah *overheating*, meningkatkan efisiensi, mencegah korosi, memperpanjang umur komponen. Dengan demikian, *fan lubrication* adalah bagian krusial dari perawatan dan operasional *engine* pesawat, memastikan performa yang optimal, dan umur panjang. Bisa dilihat pada gambar di bawah ini.

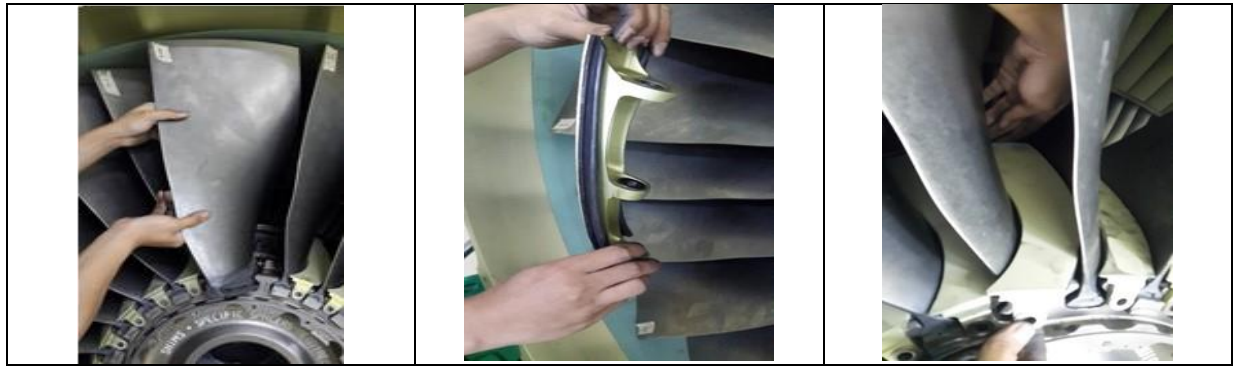


Gambar 6 : Proses Lubrikasi

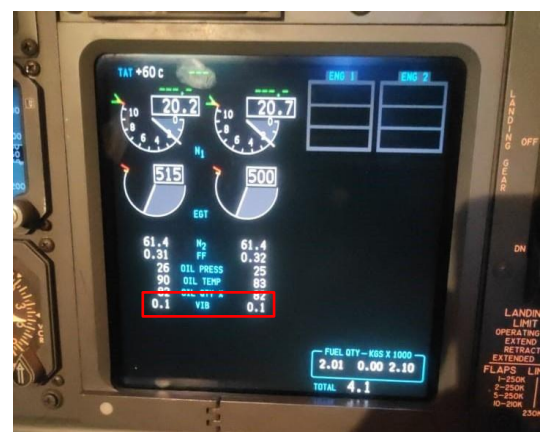
Setelah proses *fanlube* dilakukan dengan baik ditemukan satu permasalahan yang muncul yaitu kerusakan pada *Platform tear off* yang di mana *seal* pada *Platform* tersebut rusak dapat dilihat pada Gambar 7 (a) dan 7 (b) kemudian di lakukan proses *replacement* unit *Platform* dengan *SN(Serial Number)* Gambar 7 (c) yang sama sesuai *Maintenance Manual Prepare for the Replacement Subtask 72-21-02-010-009-F00* proses tersebut pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 7 : (a) Bentuk Platform dan Seal (b) Seal yang rusak pada Platform (c) Platform yang sesuai.



Gambar 8 : Proses Replacement Platform.



Gambar 9 : Hasil Tes Engine Run-up.

Setelah proses rektifikasi *fanlube* dan penggantian *part* komponen (*replacement*) dilaksanakan, Langkah terakhir yaitu test pengujian pelaksanaan *engine ground run* atau *run-up* untuk memastikan *engine vibration* dalam limitasi sesuai dan normal. Alhasil sesuai dengan nilai vibration 0.1 yang terlihat pada indikasi cockpit (Gambar 9) jika masih terjadi permasalahan seperti sebelumnya atau timbul permasalahan baru maka akan dilaksanakan proses *maintenance* kembali. Terlihat pada gambar 9.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data penelusuran faktor penyebab masalah *high vibration fanblade* pada *engine CFM56-7B serial number 862780*, dapat ditemukan *possible cause* yang menyebabkan vibrasi yaitu berasal dari lubrikasi yang menurun dan kerusakan pada *platform tear off* yang di mana *seal* pada *platform* tersebut rusak.

Sehingga masalah yang akan dihadapi menyebabkan *high vibration* 3.5 pada *engine* dilakukan pada saat *test run* di *ground* menyebabkan efek ketidak nyamanan di pesawat dan sangat membahayakan.

Masalah tersebut dapat diatasi dengan cara proses *fanlube* atau lubrikasi ulang yaitu membongkar *fanblade* dan membersihkannya sesuai yang tercatat dalam *Maintenance Manual Practices Fan Rotor Blades and Fan Disk Lubrication TASK 72-21-00-640-801-F00* kemudian mengganti (*replacement*) unit *platform* dengan *SN*(*Serial Number*) yang sama sesuai *Maintenance Manual Prepare for the Replacement Subtask 72-21-02-010-009-F00*.

Dengan demikian, setelah rektifikasi dilakukan, vibrasi yang sangat tinggi dapat diturunkan hingga mencapai 0,1 untuk menghindari berbagai kemungkinan buruk yang bisa terjadi pada pesawat. Studi kasus ini berhasil memenuhi tujuan identifikasi dan perbaikan masalah *Vibration Fanblade* pada *Engine CFM56-7B* Pesawat *B737-800NG PK-BGO*.

5 Daftar Pustaka

- [1] A. Boeing, "Aircraft Maintenance Manual", *ATA Chapter 72, Seattle, Amerika Serikat, Feb 15/2021*.
- [2] B. Boeing, "Aircraft Maintenance Manual", *ATA Chapter 71, Seattle, Amerika Serikat, Oct 15/2022*.
- [3] B. Boeing, "Aircraft Maintenance Manual", *ATA Chapter 77, Seattle, Amerika Serikat, Feb 15/2023*.
- [4] C. Boeing, "Fault Isolation Manual ", *ATA Chapter 71, Seattle, Amerika Serikat, Oct 15/2020*.
- [5] D. Batam Aero Technic, "Batam Aero Technic Management Information System Engineering Information B&37NG-EI-72-707 Fan Vibration (N1) Monitoring and Rectification, Safety, Security and Quality (SSQ) Directorare", *Batam, 2023*.