

ANALISIS KOMPUTASI MARGIN EXHAUST GAS TEMPERATURE PADA TIPE ENGINE IAE V2500 UNTUK MENENTUKAN RENCANA PERAWATAN

¹Rully Rachmat Permadi, ²Dwi Widyanto

¹⁾Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi
Kedirgantaraan
23822895@students.sttkd.ac.id

²⁾Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi
Kedirgantaraan
dwi.widyanto@sttkd.ac.id

Article history:

Received 1th of December 2024

Revised 12th of December 2024

Accepted 27th of December 2024

Abstract

Checking the exhaust gas temperature (EGT) margin of each engine is very important to know when the engine is not working properly and provide suggestions for maintenance. An engine with reduced performance becomes less efficient and requires more fuel to produce the same thrust, which causes an increase in exhaust gas temperature (EGT). This final assignment discusses EGT margin analysis on the IAE V2500 engine type and data obtained from engine 1 PK-ABC parameters from 1 October 2023 to 31 March 2024 will be calculated manually based on the Service Instruction Letter. The results of manual calculations produce the EGT Margin value for engine on March 31 2024 for engine 1 it is 61.582°C. During 6 months of research it was found that engine 1 experienced a decrease in EGT margin below the minimum (25°C) 5 times. So the results of this research recommend implementing a hot section refurbishment for engine 1.

Keywords: Exhaust Gas Temperature Margin, Hot Section Refurbishment, IAE V2500

Pendahuluan

International Aero Engines (IAE) membuat mesin IAE V2500, mesin turbofan *high bypass* dengan dua poros, menghasilkan gaya 25.000 pon (110 kN), untuk tipe V2500-A1, dan mendapatkan sertifikasi tipe FAA pada tahun 1988, digunakan untuk menghasilkan daya dorong pesawat Airbus A320, McDonnell Douglas MD-90, dan Embraer C-390.

Panduan *workslope planning guide* atau *maintenance management plan* adalah daftar rekomendasi teknis dan pemeliharaan yang diberikan oleh masing-masing produsen mesin kepada pelanggan. Memeriksa margin *exhaust gas temperature* (EGT) setiap mesin sangat penting untuk mengetahui kapan mesin tidak bekerja dengan baik dan memberi saran untuk perawatan. Mesin dengan kinerja yang menurun menjadi kurang efisien dan membutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan daya dorong yang sama, yang menyebabkan peningkatan *exhaust gas temperature* (EGT). Rata-rata penurunan margin *exhaust gas temperature* (EGT) berguna untuk memperkirakan waktu rata-rata terpasangnya mesin pada pesawat dan perencanaan perawatan ketika mesin masuk ke *shop*.

Data pesawat yang digunakan dalam jurnal ini hanya *engine 1* yang terpasang pada pesawat dengan kode registrasi di samarkan menjadi PK-ABC. Peneliti ini memfokuskan bagaimana cara menghitung margin *exhaust gas temperature* (EGT) yang akurat pada pesawat AIRBUS 320 dengan mesin IAE V2527-A5.

Tinjauan Pustaka

Pesawat Airbus A320-200

Airbus A320 adalah pesawat penumpang komersial jarak dekat sampai menengah, memiliki sistem kendali *fly-by-wire* digital, yang memungkinkan pilot mengontrol penerbangan melalui sinyal elektronik. Seri A320 memiliki dua varian, A320-100 dan A320-200. A320-200 dilengkapi dengan sayap wingtip sehingga gaya hambat yang di hasilkan lebih kecil dan memiliki kapasitas bahan bakar lebih besar dari A320-100 untuk peningkatan jarak tempuh pesawat. Jarak tempuh umum dengan kapasitas 150 penumpang untuk A320-200 adalah sekitar 2.900 mil laut (5.400 Km) [1].

Mesin IAE V2500

Pesawat A320-232 ditenagai oleh 2 mesin IAE tipe V2527-A5 yang dinilai memberikan 110310 N (24800 lbf) pada saat *take-off*. Mesin ini memiliki *dual rotor, axial flow, high bypass ratio turbofan engine, single stage fan, 4-stage low pressure compressor (LPC), 10-stage high pressure compressor (HPC), annular combustion chamber, 2-stage high pressure turbine (HPT), 5-stage low pressure turbine (LPT), dual channel Full Authority Digital Engine Control (FADEC)* [2].

High bypass ratio turbofan engine

High bypass ratio turbofan engine adalah jenis mesin pesawat yang menggunakan teknologi *turbofan* dengan *rasio bypass* tinggi. *Rasio bypass* adalah perbandingan antara massa udara yang melewati *fan* dan massa udara yang melewati inti mesin *core*. Pada *High bypass ratio turbofan engine*, sebagian besar udara yang masuk ke mesin akan melewati *fan* dan tidak melewati inti mesin [3].

International Standard Atmospheric

Tekanan, suhu, kepadatan, dan viskositas atmosfer bumi bervariasi pada rentang ketinggian atau elevasi yang luas, dan variasi ini diwakili oleh model atmosfer statis yang dikenal sebagai *International Standard Atmospheric (ISA)*. Terdiri dari tabel dengan nilai pada ketinggian berbeda serta rumus tertentu yang digunakan untuk menghitung nilai. ISA diterbitkan sebagai ISO 2533:1975, sebuah standar internasional oleh Organisasi Internasional untuk Standardisasi (ISO). Tabel ISA ini di gunakan untuk mengetahui dampak suhu udara terhadap kerapatan udara terhadap ketinggian (*International Standard Atmospheric, 1975*) [4].

Density of Air

Massa per satuan volume atmosfer Bumi disebut massa jenis udara atau massa jenis atmosfer. Akronimnya adalah ρ . Kepadatan udara, seperti tekanan udara, berkurang seiring bertambahnya ketinggian. Itu juga berubah dengan variasi tekanan atmosfer, suhu dan kelembaban. [5].

Thrust to Weight Ratio

Thrust to weight ratio berkorelasi terhadap gaya dorong yang di hasilkan oleh mesin dan juga berat pesawat ketika lepas landas, semakin berat pesawat mendekati batas maksimal berat pada saat lepas landas maka semakin kecil nilai dari *thrust to weight ratio* [6].

Exhaust Gas Temperature Margin

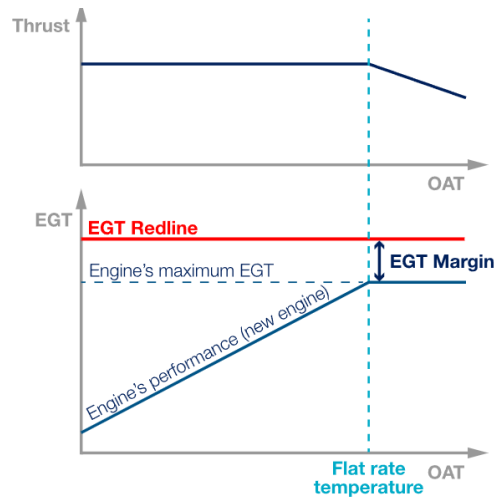
Pabrikan mesin menentukan jaminan daya dorong maksimum mesin berdasarkan batas maksimum EGT, N1 (putaran poros mesin untuk *low pressure shaft*), N2 (putaran poros mesin untuk *high pressure shaft*), dan batas Outside Air Temperature (OAT) yang tentukan ditentukan oleh pabrik (*Flat Rate*). Kontrol mesin secara otomatis mengontrol gaya dorong untuk mempertahankan EGT konstan di atas nilai OAT (*Flat Rate*) yang sudah di tentukan oleh pabrik. Proses penyetelan maksimum *thrust* dan *flat rate* pada mesin baru atau *overhaul* dengan margin EGT yang cukup ke garis merah (*Red Line*) EGT. Mesin yang kinerjanya buruk akan kurang efektif dan membutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan jumlah dorongan yang sama, sehingga meningkatkan EGT [7].

Pengaruh OAT pada EGT untuk gaya dorong yang konstan

Setiap peningkatan 1°C pada OAT dapat menyebabkan peningkatan EGT sekitar 3°C untuk menghasilkan daya dorong yang sama saat lepas landas, tergantung pada jenis mesin [8].

Bleed demand

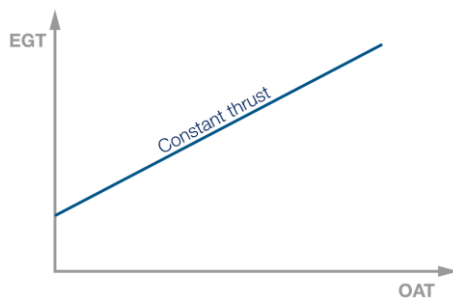
Bleed demand mesin meningkat ketika *air-conditioning* dan *anti-icing* digunakan, sehingga meningkatkan EGT yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya dorong yang sama [9].



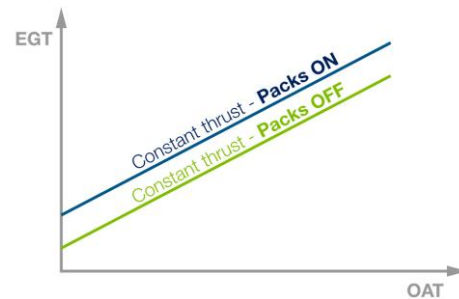
Gambar 1. EGT Margin

Engine Contamination

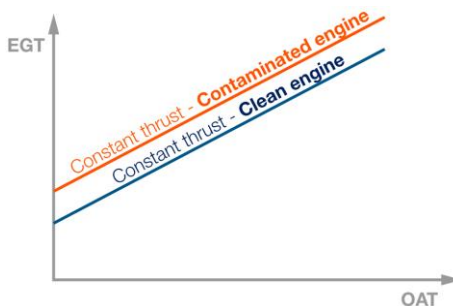
Debu dan *pollution* dapat menghalangi aliran udara mesin, sehingga menurunkan kinerja mesin dan meningkatkan pembacaan EGT. [10].



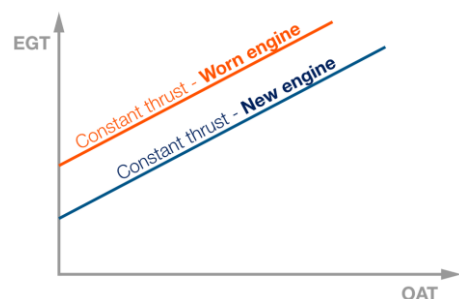
Gambar 2. Pengaruh OAT pada EGT untuk gaya dorong yang konstan



Gambar 3. Pengaruh Bleed Demand pada EGT untuk gaya dorong yang konstan



Gambar 4. Pengaruh Engine Contamination pada EGT untuk gaya dorong yang konstan



Gambar 5. Pengaruh Worn Engine pada EGT untuk gaya dorong yang konstan

Engine Temperature

Ketika EGT dan OAT hampir sama pada saat mesin dihidupkan, mesin dianggap "*Cold*". Jika mesin tidak memiliki cukup waktu untuk melakukan pemanasan setelah dihidupkan, hal ini dapat mengakibatkan peningkatan puncak EGT saat lepas landas. [11].

Degradasi Kinerja Progresif

Kinerja mesin akan secara bertahap menurun seiring berjalannya waktu sebagai akibat dari keausan yang tidak dapat dihindari pada bagian-bagiannya. Hal ini biasanya disebabkan oleh *seal* yang aus, foil kompresor yang terkikis atau rusak, dan peningkatan *case clearance* yang disebabkan oleh erosi antara *stator/rotor* dan ujung bilah rotor pada bagian kompresor dan turbin. [12].

Gas Turbine Performance Degradation

Kinerja mesin dapat menurun secara permanen atau sementara. Meskipun komponen nantinya perlu diganti, komponen lama dapat dipulihkan sebagian selama pengoperasian dan engine *overhaul*. Degradasi sementara disebabkan oleh pengotoran, erosi, korosi, dan *blade tip clearance*, sedangkan degradasi permanen disebabkan oleh distorsi dan *untwist airfoil*, serta distorsi *platform* [13].

Service Instruction Letter EGT Margin Calculation

Instruksi yang dikeluarkan oleh pabrik mesin IAE V2500 berisi tentang data yang diperlukan dan prosedur yang direkomendasikan untuk menghitung *Take-off EGT Margin* dalam $\Delta^\circ\text{C}$. Pencarian *peak measure EGT* dengan kecepatan satu kali per detik yang dimulai ketika *Computed Air Speed* (CAS) pertama kali melebihi 120 knot, mengakhiri pencarian setelah *Radio Altitude* (RALT) melebihi 1500 kaki. Pemindaian data satu detik yang berisi EGT puncak harus dirata-ratakan dengan data tiga detik sebelumnya untuk menghasilkan rata-rata empat detik. ACMS ENGINE TAKE OFF REPORT <04> menggunakan logika yang sama efektifnya dan dapat digunakan sebagai sumber alternatif untuk data yang diperlukan untuk mendukung perhitungan ini [14].

Definitions of Shop Visit Types

Hot Section Refurbishment (HSR) digunakan untuk memaksimalkan waktu mesin terpasang pada pesawat setelah kembali dari *engine shop*. *Miscellaneous Repair* Perbaikan mesin berdasarkan beberapa alasan tertentu, misalkan ada indikasi-indikasi kerusakan berdasarkan inspeksi ataupun hasil dari evaluasi performa mesin ketika terpasang di pesawat. *Project Visit* (PV) memungkinkan tindakan cepat untuk mengurangi risiko kejadian yang mengganggu operasional disebabkan oleh teknis yang sudah diketahui. PV menargetkan area yang akan diperbaiki atau dimodifikasi dan diminimalkan pembongkaran dan pemeriksaan sisa mesin. Metode ini memungkinkan waktu penyelesaian lebih cepat. *Core Performance Restoration* (CPR) Perbaikan yang sama dengan HSR tetapi di tambahkan pemeliharaan HP compressor module dengan pilihan Level 2.3 atau Level 3 [15].

Metode Penelitian

Rancangan penelitian dalam jurnal ini, yaitu menghitung margin EGT pada mesin IAE V2527-A5 pesawat Airbus A320-232 dan juga menentukan perawatan ketika mesin dikirim ke *shop*. Pada penelitian ini menggunakan data – data yang dihasilkan dari Skywise Fleet Monitoring untuk mengambil data parameter engine pesawat ketika sedang *take-off*, Aircraft Flight Maintenance Log (AFML) dan Technical Data Record yang diharapkan bisa memperoleh data-data yang digunakan untuk menentukan rencana perawatan.

Pengumpulan Data

Sebelum memulai penelitian, pengumpulan data adalah langkah penting. Ini akan digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menguji hipotesis yang dibuat. Data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

1. Aircraft Flight Maintenance Log (AFML)

Aircraft Flight Maintenance Log (AFML) merupakan dokumen resmi pesawat yang digunakan untuk melakukan pencatatan dan juga merekap semua penerbangan, kondisi pesawat ketika terbang, dan

setiap kegiatan perawatan pada pesawat terbang. Data yang di ambil adalah data keluhan pilot dan juga kendala atau temuan teknisi ketika melakukan proses perawatan pesawat yang berkaitan dengan mesin pesawat yaitu ATA 70-80.

2. Skywise Fleet Monitoring

Skywise Fleet Monitoring digunakan untuk memonitor pesawat baik secara real-time ketika terbang ataupun mengambil data untuk bahan perhitungan margin EGT. Data yang di ambil untuk penelitian ini adalah berupa parameter ketika pesawat sedang *take-off* melalui *Engine Take-off Report*. Periode pengambilan data di mulai dari 1 Oktober 2023 Sampai 10 Maret 2024 Selama pesawat beroperasi.

3. Defect Report

Data yang didapatkan berdasarkan temuan ketika proses pengoperasian dan perawatan pesawat. Temuan yang di temukan ketika pesawat beroperasi atau ketika proses perawatan rutin ataupun ketika mesin masuk ke engine shop baik pemeriksaan secara fungsional, visual, detail, dan *borescope*. Penulis mendapatkan data dari technical record operator pesawat.

4. Wawancara

Kegiatan penelitian yang melibatkan interaksi langsung antara peneliti dengan narasumber (Poweplant Engineering, Engine Specialist, Engine Maintenance Team, Pengawas Engine Super Air Jet, Technical record, dll) dengan mengajukan daftar pertanyaan untuk mengetahui faktor penyebab penurunan Margin EGT. Dan juga Maintenance Management Plan sebelum mesin di kirim ke engine shop berdasarkan hasil perhitungan margin EGT secara manual.

A. Mengolah Data

Kegiatan yang dilakukan setelah data dikumpulkan dengan sukses bertujuan untuk menghasilkan informasi yang bermanfaat. Hasil dari data yang terkumpul akan diolah untuk untuk ditampilkan dalam grafik sehingga mengetahui kondisi kesehatan mesin.

B. Analisis dan Pembahasan

Dari hasil perhitungan akan di bandingkan dengan hasil temuan ketika pelaksanaan perawatan baik secara rutin ataupun tidak rutin. Sehingga akan menghasilkan rencana perawatan mesin yang optimal sebelum dikirimkan ke *engine shop*.

Hasil dan Pembahasan

A3XX ENGINE TAKE OFF REPORT <04>									
A/C		IDDATE		UTC		FROM		TO FLT	
CC	PK-ABC	OCT01	013355	WIDD	WIII	0857			
PH	CNT	CODE		BLEED		STATUS		APU	
C105	40902	4000		53	0010 0		0100 54 X		
TAT	ALT	CAS	MN	GW	CG	DMU/SW			
CE0292	01186	160	246	6377	340	I22015			
ESN	EHR	ECYC	AP						
EC	011111	27111	14050	21					
EE	022222	28032	14712	21					
T/O DELTA EPR SUMMARY								EGTMEGTB	
N105	00	00	00	00	00	00	01	04	5425 5425
N205	00	00	00	00	00	00	01	04	5195 5195
EPR	EGT	N1	N2	FF	EPRT	EPRC			
S11300	5425	0836	0908	3532	1419	1301			
S21301	5195	0846	0919	3564	1420	1300			

Gambar 6. ACMS ENGINE TAKE OFF REPORT 01 Oktober 2023

Sumber: (Sky Wise Application, Airbus World, 01 Oktober 2023)

Data *ACMS ENGINE TAKE OFF REPORT <04>* di ambil dari aplikasi Skywise dan untuk mempermudah serta mempercepat perhitungan dibantu dengan aplikasi *Google spreadsheet* yang mana rumus perhitungan dari SIL 057 issue 08 sudah di sesuaikan ke *Google spreadsheet*. Hasil dari perhitungan EGT margin pada periode 1 Oktober 2023 sampai 31 Maret 2024 akan di analisa dan di sesuaikan dengan hasil wawancara dengan pengawas *engine, engineering, borescope inspector*, dan juga *license engineer* berdasarkan masalah-masalah yang terjadi pada mesin sehingga bisa menentukan perawatan mesin sebelum dikirimkan ke *engine shop*.

Mengumpulkan data *ACMS ENGINE TAKE OFF REPORT <04>* yang di ambil berdasarkan waktu keberangkatan dalam (Universal Time Coordinate), bandara keberangkatan dalam kode ICAO, EHRS *engine hours*, ECYC *engine cycle*, GW berat total pesawat dalam (Kg), dan ALT ketinggian pesawat dalam (Ft). Data yang diamati ketika terdapat masalah pada pesawat PK-ABC dapat dilihat pada table 1 di bawah ini:

Tabel 1 Data yang diamati untuk *engine 1*

No	Date Observe	UTC	EHRS	ECYC	FROM	TO	GW (Kg)	ALT (Ft)
1	1 Okt 2023	01.33	27111	14050	WIDD	WIII	63770	1186
2	11 Des 2023	09.01	27392	14240	WICA	WALL	66730	1654
3	13 Des 2023	02.05	27397	14245	WAMP	WAMM	66800	1567
4	15 Des 2023	00.25	27405	14250	WAMM	WAMP	66860	1785
5	17 Des 2023	05.13	27418	14260	WICA	WADD	63320	1630
6	5 Jan 2024	06.11	27544	14345	WALL	WICA	59250	1544
7	6 Jan 2024	04.25	27551	14350	WAMM	WALL	66080	1830
8	31 Mar 2024	07.17	27892	14580	WIII	WIMM	70050	1313

Sumber: (ACMS ENGINE TAKE OFF REPORT <04>. 2023-2024).

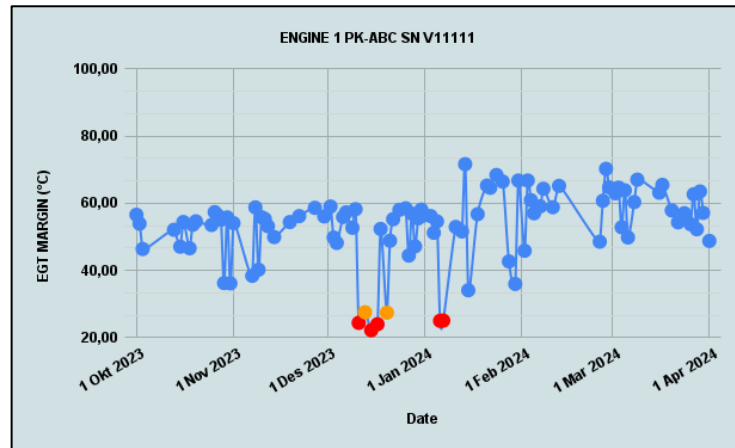
Mengumpulkan data *ACMS ENGINE TAKE OFF REPORT <04>* kemudian mengambil data parameter *Computed Air Speed*, *EPR indicated*, MN, TAT, EGT untuk perhitungan EGT margin. Hasil perhitungan data yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2 Data perhitungan EGT margin untuk *engine 1*

No	Date Observe	CAS (Knot)	EPRI	MN	TAT (°C)	EGT (°C)	EGTM (°C)
1	1 Okt 2023	160	1,30	0,25	29,20	542,50	56,59
2	11 Des 2023	151	1,25	0,24	31,70	562,00	24,40
3	13 Des 2023	154	1,26	0,24	29,50	557,50	27,55
4	15 Des 2023	159	1,28	0,25	28,00	564,50	22,19
5	17 Des 2023	153	1,25	0,24	31,50	563,00	23,99
6	6 Jan 2024	164	1,27	0,26	26,50	556,50	25,01
7	7 Jan 2024	159	1,26	0,25	29,20	558,50	25,08
8	31 Mar 2024	164	1,34	0,25	31,20	557,50	61,58

Sumber: (ACMS ENGINE TAKE OFF REPORT <04>. 2023-2024).

Membuat grafik hasil dari perhitungan EGT margin periode 1 Oktober 2023 sampai 31 Maret 2024 secara penuh dan juga membandingkan dengan data-data pendukung seperti riwayat perawatan pesawat secara terjadwal, perawatan pesawat tidak terjadwal, dan juga ketika mesin di kirimkan ke *engine shop*. Grafik hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar 7 di bawah ini:

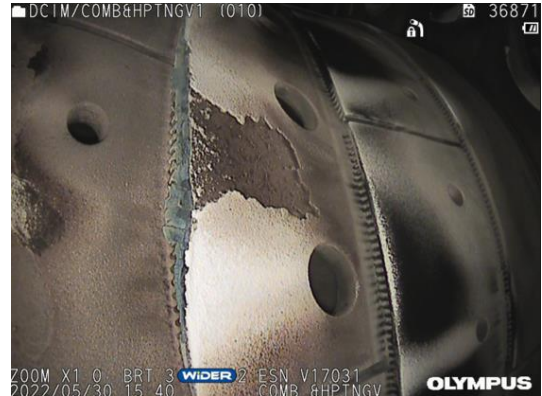


Gambar 7. EGTM engine 1 Periode 01 Oktober 2023 – 31 Maret 2024

Memeriksa pekerjaan hasil inspeksi menggunakan metode *borescope* pada engine 1 yang dilaksanakan sebagai persyaratan untuk Re-delivery dari operator yang pertama ke pemilik pesawat PK-ABC yaitu jackson Square Aviation sebelum nantinya pesawat tersebut akan di sewakan kembali ke operator selanjutnya. Hasil dari pemeriksaan dari inspeksi borescope ditemukan bahwa adanya *dent* pada blade kompresor dan juga erosi, korosi, *spilled ceramic coating* pada bagian *combustion chamber* dan dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9 di bawah ini:



Gambar 8. Multiple Dent pada HPC 9 Rotor



Gambar 9. Erosi, Korosi dan Spalled Ceramic Coating pada Combustion Chamber

Kesimpulan

Hasil perhitungan secara manual menghasilkan nilai EGT margin *engine* pada tanggal 31 Maret 2024 untuk *engine 1* adalah 61,582°C. Selama 6 bulan penelitian ditemukan bahwa *engine 1* mengalami penurunan EGT margin di bawah minimal (25°C) sebanyak 5 kali pada tanggal 11 Desember 2023, 15 Desember 2023, 17 Desember 2023, 5 Januari 2024 dan 6 Januari 2024. Sehingga hasil dari penelitian ini merekomendasikan kepada pemilik pesawat untuk segera melaksanakan rencana perawatan *Hot Section Refurbishment* untuk *engine 1*. Membiarkan kerusakan pada mesin terlalu lama dapat mengakibatkan biaya yang lebih tinggi bagi operator.

Hasil dari temuan ketika proses inspeksi *borescope* pada turbin engine 1 selain mempengaruhi aliran

udara dapat mempengaruhi juga nilai EGT pada engine karena udara panas tidak di konversikan secara sempurna oleh turbin. Turbin mengubah energi kinetik dari gas panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran menjadi energi mekanik. Apabila terdapat dent, erosion, coating damage, dan blend repair pada turbin bisa mengakibatkan tidak efisiensinya pada proses konversi energi kinetik ke mekanik yang di tandai dengan nilai EGT yang tinggi.

Adapun tindakan yang dapat dilakukan oleh pihak operator untuk mencegah terjadinya penurunan EGT margin pada *engine* IAE V2500 adalah melakukan evaluasi rencana *shop visit* dan *maintenance* rutin sesuai dengan *maintenance program* seperti *inspection*, *component replacement*, *engine compressor wash* dan *engine preservation*.

Daftar Pustaka

- [1] Airbus, S.A.S, 2013. *Technical Training Manual Airbus A320. Dalam Aircraft Specification. AIRBUS S.A.S.*
- [2] Airbus, S.A.S, 2013. *Technical Training Manual Airbus A320. Dalam Engine Specification. AIRBUS S.A.S.*
- [3] Thomas W. W and J M Davis, 2025. *Aircraft turbine Engine. Dalam High bypass ratio turbofan engine. AVOTEK*
- [4] International Organization for standardization. 1975. *Standard Atmosphere. ISO 2533:1975.*
- [5] Grigorie, T.L., L. Dinca, J. I. Corcau, and O. Grigorie. 2010. *Aircrafts Altitude Measurement Using Pressure Information: Barometric Altitude and Density Altitude* 7(9):512-503
- [6] Ariffin, L. Md., A. H. Rostam, W. M. E. Shibani. 2019. *Study of Aircraft Thrust-to-Weight Ratio* 1(2):1-9
- [7] Airbus, S.A.S, 2022. *Safety First Airbus. Dalam Exhaust Gas Temperature Margin. AIRBUS S.A.S.*
- [8] Airbus, S.A.S, 2022. *Safety First Airbus. Dalam Pengaruh OAT pada EGT untuk gaya dorong yang konstan. AIRBUS S.A.S.*
- [9] Airbus, S.A.S, 2022. *Safety First Airbus. Dalam Bleed demand. AIRBUS S.A.S.*
- [10] Airbus, S.A.S, 2022. *Safety First Airbus. Dalam Engine Contamination. AIRBUS S.A.S.*
- [11] Airbus, S.A.S, 2022. *Safety First Airbus. Dalam Engine Temperature. AIRBUS S.A.S.*
- [12] Airbus, S.A.S, 2022. *Safety First Airbus. Dalam Degradasi kinerja progresif. AIRBUS S.A.S.*
- [13] C. B. Meher-Homji., Chaker, M., Motiwalla, H. *Gas turbine performance deterioration. In Proceedings of the 30th Turbomachinery Symposium, Houston, TX, USA, 17–20 September 2001; pp. 17–20.*
- [14] Internasional Aero Engine, 2015. *V2500 Service Information Letter 057 Issue 8. Dalam Take-Off EGT Margin Calculation. Internasional Aero Engine.*
- [15] Internasional Aero Engine, 2023. *V2500 Electronic Maintenance Plan. Dalam Worksopce Planning Guide. Internasional Aero Engine.*