



Analisis Performance Test Aero Turbine Rolls-Royce M250-C20B

Aldo Akbar Putra

aldoakbarputra@gmail.com

Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan RI

Kritian Felix F. Purba

purbakristianfelix@gmail.com

Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan RI

Mario Delon Simanjuntak

mariosimanjuntak600@gmail.com

Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan RI

Aditia Aulia

ditya.aulia@idu.ac.id

Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan RI

Alamat: Kawasan IPSC Sentul, Kab. Bogor, Jawa Barat, 16810

Abstrak. *This article analyzes the performance of the Rolls-Royce M250-C20B turboshaft engine through a performance test conducted after a comprehensive overhaul at PT. Nusantara Turbine and Propulsion. The test was carried out to evaluate key parameters, including rotor speed (N1 and N2), exhaust gas temperature (T5), shaft horsepower (SHP), vibration levels, and specific fuel consumption (SFC). The results indicate that the engine meets operational feasibility standards with high efficiency and stable vibration performance, although some parameters were slightly below optimal thresholds. In conclusion, the engine is considered airworthy and suitable for continued operation with satisfactory and economical performance, in line with aviation industry standards.*

Keywords: *Overhaul, Performance Test, Rolls-Royce M250-C20B, Turboshaft*

Abstrak. Artikel ini menganalisis performa mesin turboshaft Rolls-Royce M250-C20B melalui pengujian *performance test* setelah perawatan menyeluruh (overhaul) di PT. Nusantara Turbin dan Propulsi. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi parameter kunci, termasuk kecepatan rotor (N1 dan N2), temperatur gas buang (T5), tenaga poros (SHP), tingkat getaran, dan konsumsi bahan bakar (SFC). Hasil menunjukkan bahwa mesin memenuhi standar kelayakan operasional dengan efisiensi tinggi dan kestabilan getaran yang baik, meskipun beberapa parameter sedikit di bawah batas optimal. Kesimpulannya, mesin ini layak dioperasikan kembali dengan kinerja yang memadai dan ekonomis sesuai standar industri penerbangan.

Kata Kunci: *Overhaul, Performance Test, Rolls-Royce M250-C20B, Turboshaft*

PENDAHULUAN

Pesawat terbang adalah salah satu moda transportasi tercepat yang digunakan untuk berbagai jarak tempuh. Selain mampu mengangkut banyak penumpang, pesawat terbang juga dikenal aman dan nyaman. Karena intensitas penggunaan yang tinggi, pesawat terbang memiliki jam terbang dan siklus penerbangan yang sangat tinggi. Oleh karena itu, sangat penting untuk memastikan performa dan kesehatan pesawat selalu dalam kondisi optimal. Maskapai penerbangan harus secara rutin memeriksa setiap komponen pesawat untuk memastikan kelayakannya beroperasi secara maksimal (Arianto, 2020; Susilo & Dwijono, 2021).

Perawatan dan perbaikan pesawat dilakukan secara berkala sesuai dengan regulasi yang berlaku. Dalam industri penerbangan, selain manufaktur dan operator, ada juga pihak yang terlibat dalam perawatan dan perbaikan, yaitu MRO (*Maintenance, Repair, and Overhaul*). Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang MRO adalah PT. Nusantara Turbin dan Propulsi. Perusahaan

ini melakukan perawatan dan perbaikan pada bagian engine pesawat serta melakukan pengecekan menyeluruh yang dikenal sebagai overhaul engine.

Engine adalah komponen vital dalam operasi penerbangan. Kerusakan pada engine dapat mengancam keselamatan penerbangan. Oleh karena itu, perawatan rutin dilakukan untuk memastikan engine selalu sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh pabrik pembuatnya. Setelah perawatan, engine perlu diuji untuk memastikan semua sistem berfungsi dengan baik. Proses pengujian engine dibagi menjadi dua bagian: fungsional test dan performance test. Parameter yang diperhatikan dalam fungsional test meliputi *acceleration*, *deceleration*, *fuel flow*, dan lain-lain. Sedangkan dalam *performance test*, parameter yang diukur meliputi *thrust*, *specific fuel consumption*, dan lainnya. Parameter-parameter ini sangat penting untuk menentukan kelayakan operasional engine sebelum diserahkan kembali kepada pelanggan (Wibowo, 2019; Prasetyo & Setiawan, 2021).

Jenis engine yang banyak digunakan dalam industri penerbangan adalah turbofan. Engine turbofan banyak diaplikasikan pada pesawat komersial karena efisiensi dan daya dorongnya yang tinggi. Selain itu, *engine turboshaft* juga semakin banyak digunakan. Salah satu contohnya adalah *engine ROLLS-ROYCE M250-C20B*.

Berdasarkan hal tersebut, penulis melakukan penelitian mengenai proses atau tahapan pengujian pada engine *ROLLS-ROYCE M250-C20B*. *Engine* ini dinyatakan baik atau tidak berdasarkan performa yang dihasilkan selama pengujian.

METODE PENELITIAN

Proses pengujian dilakukan oleh PT. Nusantara Turbin dan Propulsi dimana *engine* disimulasikan seperti pemakaian di pesawat, dan dengan beban yang sama. Proses ini dilakukan dengan bantuan program *computer*. Setelah itu inspector mencatat data hasil pengujian, dan mencatat kondisi engine jika hasil tes *rejected*. Hasil dari proses pengujian adalah: *accepted* atau *rejected*. Hasil pengujian ini ditentukan oleh:

- a. Tes performansi yang mencakup : *Speed*, *Exhaust Gas Temperature*, *Specific Fuel Consumption* , dan *Fuel Flow*
- b. Tes fungsional yang mencakup : vibrasi, *oil leaked*, adanya *smoked* selama proses pengetesan

Pada setiap *performance test* dilakukan pendekatan parameter kerja turbin sebagai berikut yang akan digunakan sebagai bahan analisis:

1. Speed (N1 dan N2): N1 (Low Pressure Rotor Speed) mengukur kecepatan kompresor tekanan rendah, dan N2 (High Pressure Rotor Speed) mengukur kecepatan kompresor tekanan tinggi. Keduanya menunjukkan keseimbangan suplai udara dan pembakaran, membantu dalam mendiagnosis ketidakseimbangan atau stall yang bisa merusak engine.
2. Temperature Out of Turbine (T5): Dikenal juga sebagai Exhaust Gas Temperature (EGT), suhu ini memantau kesehatan thermal engine. Suhu tinggi bisa mengindikasikan operasi di luar batas aman yang berisiko overheating dan kerusakan komponen.



Gambar 1. TOT (T5)

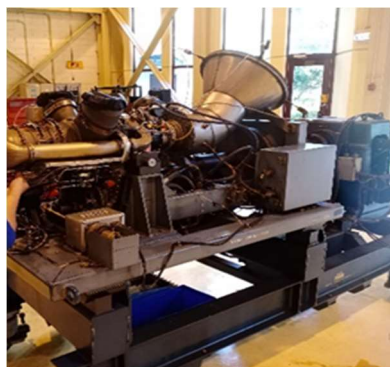
Shaft Horse Power (SHP): Mengukur tenaga yang dihasilkan engine pada shaft untuk menggambarkan efisiensi dalam mengubah energi bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Dihitung dengan rumus:

$$\text{SHP} = \frac{\text{Dyno Torque} \times \text{Dyno Speed}}{5252}$$

3. Vibration: Mengukur tingkat getaran yang dihasilkan saat engine bekerja. Getaran berlebih dapat merusak komponen, seperti menyebabkan crack, sehingga perlu dijaga dalam batas aman.
4. Fuel Flow: Mengukur laju aliran bahan bakar yang digunakan oleh engine. Fuel flow dihitung menggunakan turbine flow meter dan dikonversi menjadi sinyal elektrik. Nilai ini digunakan dalam menghitung Specific Fuel Consumption (SFC) dengan rumus:

$$\text{SFC} = \frac{\text{Fuel Flow}}{\text{SHP}}$$

Pada tahapan *performance test* ROLLS-ROYCE M250-C20B, terdapat beberapa langkah penting yang harus dilakukan. Pertama, dilakukan pemeriksaan kondisi awal mesin atau *Engine Receiving Condition Check List*, yang mencakup pemeriksaan visual mesin, kelengkapan komponen, serta pengujian dokumen penerimaan. Setelah pemeriksaan awal selesai, mesin diinstal pada test bed, memastikan pemasangan dilakukan dengan aman dan stabil, serta semua sensor dan peralatan yang diperlukan telah tersambung dengan benar. Selanjutnya, dilakukan persiapan di ruang kendali sebelum mesin dinyalakan, termasuk pengecekan semua sistem kontrol, kalibrasi peralatan ukur, serta memastikan tidak ada indikasi kesalahan atau anomali pada sistem. Setelah mesin siap, dilakukan pengecekan daftar uji atau *Test Check List* oleh penguji dan pihak principal, yang melibatkan pemeriksaan berbagai parameter penting seperti kecepatan putaran mesin, temperatur oli, temperatur bahan bakar, tekanan bahan bakar, tekanan oli, konsumsi bahan bakar, dan performa keseluruhan mesin. Seluruh parameter tersebut harus sesuai dengan standar yang telah ditentukan guna memastikan bahwa mesin berfungsi secara optimal dan siap untuk digunakan.



Gambar 2. engine on test bed

Setiap *engine* memiliki nilai minimum dan maksimum saat *engine* sedang beroperasi. Berikut ini adalah nilai yang harus dicapai oleh engine berdasarkan *manual maintenance*:

Tabel 1. Speed

<i>Parameters</i>	<i>Rated</i>	<i>Max. Continuous</i>	<i>Max. Transient</i>
<i>Gas Producer rotor (N1)</i>	50,970 rpm	53,520 rpm	54,030 rpm
<i>Power Turbine rotor (N2)</i>	33,290 rpm	34,290 rpm	34,955 rpm

Tabel 2. Temperature Out of Turbine

<i>Ground Idle</i>	-
<i>Normal Cruise</i>	1360 °F
<i>Take Off</i>	1490 °F

Tabel 3. Shaft Horse Power

<i>Ground Idle</i>	-
<i>Normal Cruise</i>	370 hp
<i>Take Off</i>	420 hp

Tabel 4. Vibration

<i>Compressor transient</i>	1.2 in/s	30.5 mm/s
<i>Compressor steady-state</i>	0.6 in/s	15.2 mm/s
<i>Turbine transient</i>	1.8 in/s	45.7 mm/s
<i>Turbine steady-state</i>	0.9 in/s	22.9 mm/s
<i>Gearbox transient</i>	1.2 in/s	30.5 mm/s
<i>Gearbox steady-state</i>	0.6 in/s	15.2 mm/s

Tabel 5. Specific Fuel Consumption

<i>Ground Idle</i>	-
<i>Normal Cruise</i>	0.650 lb/shp-hr
<i>Take Off</i>	0.650 lb/shp-hr

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah hasil perbandingan *limit data performance* dengan hasil *performance test* sebelum dilakukan corrected.

Tabel 6. hasil performance test

<i>Parameters</i>	<i>UNIT</i>	<i>GI</i>	<i>NC</i>	<i>TO</i>
<i>Dyno Torque</i>	lb ft	12.1533	245.699	313.553
<i>Dyno Torque</i>	in ft	146.615	2948.06	3764.40
<i>Dyno Speed</i>	rpm	4699.17	6002.65	6009.87
<i>Fuel Flow</i>	gpm	0.16547	0.49681	0.59727

<i>Fuel Flow</i>	pph	65.4679	196.621	236.039
<i>NG Speed</i>	rpm	31296.5	49375.7	51730.7
<i>NG Speed</i>	%	61.4018	96.8720	101.492
<i>NP Speed</i>	rpm	26015.9	33231.8	33269.7
<i>NP Speed</i>	%	78.1476	99.8329	99.9361
TOT	degF	957.424	1360.97	1487.15
TT2	degF	81.7989	83.6320	83.5588
<i>Fuel Temp</i>	degF	79.0356	78.9713	79.0974
<i>Oil in. Temp</i>	degF	113.091	193.901	192.070
<i>Oil Out Temp</i>	degF	88.4301	118.496	122.481
<i>Comp Sv Press</i>	psig	18.7433	3.19211	78.4980
<i>Comp Sv Press</i>	inH2O	65.5684	6.49858	187.252
<i>Fuel In. Press</i>	psig	22.5621	22.0977	21.9767
<i>Comp. Vib</i>	ips	0.12485	0.34318	0.26333
<i>Turbine Vib</i>	ips	0.19066	0.16240	0.23684
G/B Vib	ips	0.09049	0.28059	0.32452
SHP	Hp	13.7679	284.423	362.193
SFC	lb/shp	-	0.691	0.651

Setelah didapat data *performance* aktual, hasil data tersebut akan dilakukan *corrected* dengan mengkompensasi nilai-nilai pengujian aktual menggunakan persamaan atau faktor koreksi agar sesuai dengan kondisi standar (biasanya dikenal sebagai kondisi *International Standard Atmosphere* atau ISA). Koreksi ini memastikan bahwa performa mesin dapat dinilai secara objektif dan sesuai spesifikasi pabrikan, meskipun pengujian dilakukan di kondisi yang berbeda-beda. Berikut ini adalah hasil data *performance* yang telah dilakukan *corrected*:

ENGINE RATING & PERCENT VARIANCE

TOTC @ 278 SHPC	1235.20 Deg F	WFC @ 278 SHPC	194.520 PPH	SFC @ 278 SHPC	0.69971 LB/SHF
TOTC @ 333 SHPC	1311.58 SHP	WFC @ 333 SHPC	221.510 PPH	SFC @ 333 SHPC	0.66519 LB/SHF
SHPC @ 1360 TOTC	370.630 SHP	WFC @ 1360 TOTC	237.820 PPH	SFC @ 1360 TOTC	0.64937 LB/SHF
SHPC @ 1490 TOTC	449.9208 SHP	WFC @ 1490 TOTC	278.900 PPH	SFC @ 1490 TOTC	0.61989 LB/SHF
ShpVar @ 1360 TOT	.17000 %			StcVar @ 278 SHP	-1.310 %
ShpVar @ 1490 TOT	7.1200 %			StcVar @ 333 SHP	.03000 %
				StcVar @ 1360 TOT	-.1000 %
				StcVar @ 1490 TOT	-4.630 %
Trqsensor @ 278 HP	68.710 PSIG	N1C @ 278 SHPC	47478 RPM		
Trqsensor @ 333 HP	81.850 PSIG	N1C @ 333 SHPC	49065 RPM		
Trqsensor @ 370 HP	90.690 PSIG	N1C @ 1360 TOTC	50133 RPM		
Trqsensor @ 420 HP	102.63 PSIG	N1C @ 1490 TOTC	51576 RPM		
This Engine Will Produce Take Off Rated Power at :					
Gas Producer Speed	101.19 %				
Turbine Outlet Temperature	1442.2 Deg F				

Gambar 3. *corrected performance test*

Dari hasil *performance test* pada saat *take off* yang dibandingkan dengan *limit data performance* pada saat *take off* didapat hasil sebagai berikut:

1. Hasil *performance test* dari *Speed Gas Producer rotor (N1)* menunjukkan angka 51730.7 rpm dimana *limit data performance* menunjukkan angka 53520 rpm.
2. Hasil *performance test* dari *Speed Power Turbine rotor (N2)* menunjukkan angka 33269.7 rpm dimana *limit data performance* menunjukkan angka 34955 rpm rpm.
3. Hasil *performance test* dari *Temprature Out Of Turbine (T5)* menunjukkan angka 1487.15 °F dimana *limit data performance* menunjukkan angka 1490 °F.
5. Hasil *performance test* dari *Shaft Horse Power Corrected* menunjukkan angka 449.92 hp dimana *limit data performance* menunjukkan angka 420 hp.
6. Hasil *performance test* dari *Vibration Compressor* menunjukkan angka 0.23684 ips dimana *limit data performance* menunjukkan angka 0.6 ips.
7. Hasil *performance test* dari *Vibration Turbine* menunjukkan angka 0.23684 ips dimana *limit data performance* menunjukkan angka 0.9 ips.
8. Hasil *performance test* dari *Vibration Gear Box* menunjukkan angka 0.32452 ips dimana *limit data performance* menunjukkan angka 0.6 ips.
9. Hasil *performance test* dari *Spesific Fuel Consumption* menunjukkan angka 0.619 lb/shp-hr ips dimana *limit data performance* menunjukkan angka 0.650 lb/shp-hr.

Secara keseluruhan, performa *engine* menunjukkan hasil yang baik dan memenuhi atau bahkan melampaui beberapa batas performa yang ditetapkan. Meskipun ada beberapa parameter (N1 dan N2) yang berada sedikit di bawah limit optimal, hal ini tidak menunjukkan masalah signifikan dan masih dalam rentang operasi yang aman. Tingkat getaran dan konsumsi bahan bakar berada di bawah limit, yang mengindikasikan efisiensi dan stabilitas operasional mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Rolls-Royce. 1996. Operation and Maintenance Manual 250-C20 Series Sixth Edition. Rolls-Royce Corporation
- M. Faizal, Bambang T, Eriq S. 2017. ANALISIS PERFORMANCE TM2500 GAS TURBINE GENERATOR PACKAGE PLTG X PADA FACTORY TEST DAN SITE TEST. BINA TEKNIKA, Volume 13 Nomor 2.
- Abdul S, Daryadi, Sunarto, Adhy P. 2017. PENGUJIAN VIBRASI PADA TEST CELL TURBOFAN ENGINE TYPE CFM 56-7B. Jurnal Rekayasa Mesin. Politeknik Negeri Semarang.
- Sutanto, H., & Purnomo, M. (2018). Analisis performa boiler pada pabrik kelapa sawit. *NOZEL Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 7(1), 25-35.
- Hasibuan, F., & Pratama, R. (2021). Desain dan Optimasi Engine Turboshift untuk Aplikasi Helikopter. *Jurnal Teknik Penerbangan Indonesia*, 14(3), 234-245.
- Arianto, R. (2020). Manajemen pemeliharaan pesawat terbang untuk keselamatan penerbangan. *Jurnal Teknologi Penerbangan Indonesia*, 14(1), 35-44
- Susilo, H., & Dwijono, D. (2021). Analisis siklus hidup pesawat dan pengaruhnya terhadap efisiensi operasional. *Jurnal Ilmu Penerbangan*, 19(2), 112-120.
- Wibowo, A. (2019). Pemeliharaan engine pesawat terbang untuk keselamatan penerbangan. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, 15(1), 23-30.
- Prasetyo, E., & Setiawan, D. (2021). Uji performa dan fungsional engine pesawat: Metodologi dan hasil. *Jurnal Ilmu Penerbangan*, 20(2), 97-105.
- Ahsan, S., Lemma, Tamiru A. (2024). *Investigation of operational settings, environmental conditions, and faults on the gas turbine performance*. IOP Publishing Ltd
- Matthaiou, I., Khandelwal, B. (2017). *Vibration Monitoring of Gas Turbine Engines: Machine-Learning Approaches and Their Challenges*. *Front. Built Environ.* 3:54