ANALISIS PERFORMANCE TEST ENGINE CT7-9C PADA PESAWAT CN235 DI TEST CELL PT. NUSANTARA TURBIN DAN PROPULSI

Mathias Nobel [1], Victoriano Jonathan Lendeng [1]

[1] Program Studi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan RI

IPSC Sentul, Bogor, 16810, Indonesia

kimakim683@gmail.com[1]

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis hasil *performance test* pada *engine turboprop* CT7-9C yang digunakan pada pesawat CN235 di fasilitas *test cell* PT. Nusantara Turbin dan Propulsi. Pengujian dilakukan pasca perawatan dan *overhaul* untuk memastikan semua parameter kinerja, seperti *speed*, temperatur, putaran, *shaft horse power* (SHP), *fuel flow*, dan *pressure* memenuhi standar manufaktur. Selain itu, efisiensi *gearbox* dievaluasi dengan membandingkan torsi *input-output* di berbagai kondisi beban. Seluruh data diuji dan dikoreksi terhadap kondisi atmosfer standar. Hasil pengujian menunjukkan nilai SHP terkoreksi telah memenuhi batas minimal OEM dan temperatur berada dalam limit operasional, menandakan *engine* memenuhi kriteria *acceptance*. Efisiensi *gearbox* juga terbukti optimal, dengan nilai di atas 95% pada *power setting* utama, sementara nilai terendah terjadi pada *idle* akibat *losses* mekanik yang lebih dominan. Studi ini juga mengidentifikasi peran desain *gear*, pelumasan, distribusi beban, dan temperatur pelumas dalam memengaruhi performa dan efisiensi *engine*. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan pentingnya pengujian performa dan efisiensi *gearbox* sebagai langkah krusial untuk memastikan keandalan dan keselamatan sistem propulsi pesawat, serta mendukung kelangsungan operasional CN235 secara optimal dan aman.

Kata kunci : engine CT7-9C, performance test, shaft horse power (SHP), gearbox efficiency, turboprop.

ABSTRACT

This study aims to analyze the performance test results of the CT7-9C turboprop engine used in the CN235 aircraft at the PT. Nusantara Turbin dan Propulsi test cell facility. The testing was conducted after maintenance and overhaul to ensure that all performance parameters, such as speed, temperature, rotation, shaft horsepower (SHP), fuel flow, and pressure, met manufacturing standards. In addition, gearbox efficiency was evaluated by comparing input-output torque under various load conditions. All data was tested and corrected to standard atmospheric conditions. The test results showed that the corrected SHP value met the OEM minimum limit and the temperature was within the operational limit, indicating that the engine met the acceptance criteria. The gearbox efficiency was also proven to be optimal, with a value above 95% at the main power setting, while the lowest value occurred at idle due to more dominant mechanical losses. This study also identified the role of gear design, lubrication, load distribution, and lubricant temperature in affecting engine performance and efficiency. Overall, this research emphasizes the importance of gearbox performance and efficiency testing as a crucial step in ensuring the reliability and safety of aircraft propulsion systems, as well as supporting the optimal and safe operational continuity of the CN235.

***Key words* :** *engine CT7-9C, performance test, shaft horse power (SHP), gearbox efficiency, turboprop*.

INTRODUCTION PENDAHULUAN

Sejak lama pesawat terbang dipandang sebagai moda transportasi yang efektif karena mampu bergerak cepat, memiliki tingkat keselamatan yang tinggi, serta dapat mengangkut muatan dalam jumlah besar. Keunggulan tersebut membuat pesawat menjadi pilihan utama, baik untuk kebutuhan sipil maupun militer. Namun demikian, intensitas operasional yang tinggi berdampak pada peningkatan jam terbang dan *flight cycle*, sehingga kebutuhan akan program perawatan dan perbaikan secara berkala tidak dapat dihindari[1]. Upaya tersebut dilakukan untuk menjaga performa, keselamatan, dan keandalan pesawat sepanjang masa

operasinya. Data menunjukkan bahwa inspeksi darat hanya mampu mengidentifikasi sekitar 60% potensi kegagalan, sementara 40% sisanya baru terdeteksi ketika pesawat sedang mengudara[2]. Kondisi ini mempertegas pentingnya penerapan sistem pemeliharaan yang menyeluruh dengan jadwal yang tepat, agar kemungkinan terjadinya kegagalan *engine* dapat ditekan. Seperti yang dijelaskan oleh Kinnison dan Howlan, biaya kerugian akibat kegagalan *engine* saat operasi jauh lebih besar dibandingkan dengan pemeliharaan terjadwal, sehingga manajemen pemeliharaan yang baik menjadi mutlak diperlukan[2].Dalam kerangka inilah, perusahaan *Maintenance, Repair, and Overhaul* (MRO) berperan penting. Di Indonesia, PT. Nusantara Turbin dan Propulsi (NTP) merupakan salah satu perusahaan MRO yang berfokus pada perawatan, *overhaul*, serta pengujian *engine* pesawat, termasuk tipe *turboprop*.

Salah satu *engine turboprop* yang banyak digunakan adalah *General Electric* CT7-9C, yang menjadi tenaga penggerak utama pesawat CN235[3]. Pesawat ini memiliki peran strategis dalam penerbangan sipil maupun militer, antara lain untuk misi transportasi, patroli maritim, hingga *airlift*. Oleh karena itu, performa CT7-9C harus selalu dipantau agar tetap sesuai dengan batasan operasional yang ditetapkan pabrikan. Dalam kenyataannya, performa *engine* dipengaruhi tidak hanya oleh kondisi internal, tetapi juga faktor eksternal seperti atmosfer dan fenomena aerodinamika berupa distorsi aliran pada *inlet*[4]. Distorsi aliran ini dapat menurunkan performa, meningkatkan konsumsi bahan bakar, bahkan pada kondisi ekstrem menyebabkan *surge* atau kegagalan pembakaran[4]. Dengan demikian, salah satu bentuk pengujian penting adalah *performance test*, yaitu uji untuk menilai kelayakan *engine* berdasarkan parameter utama seperti *Speed engine, Temperature*, Putaran, *Shaft Horse Power* (SHP), *Fuel flow, dan Pressure.* Hasil pengujian ini akan menentukan apakah *engine* dapat dikategorikan layak (*acceptance*) untuk dioperasikan kembali.

Berdasarkan uraian tersebut, Penelitian ini mengkaji efisiensi *gearbox* (EFG) *engine* CT7-9C dengan membandingkan nilai SHP pada output poros pada keadaan *engine GRND_IDL* hingga *AUTO_PR* dengan efisiensi torsi yang terukur dalam pengujian. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi perubahan efisiensi *gearbox* dan menilai kelayakan *engine* berdasarkan parameter performa terkoreksi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi peningkatan keandalan sistem propulsi CN235 sekaligus mendukung penerapan standar perawatan dan pengujian *engine turboprop* di lingkungan MRO.

Engine Performance

Engine turbin gas harus berfungsi dengan efisien di berbagai kondisi, mulai dari permukaan laut hingga ketinggian ekstrem, dari keadaan diam hingga kecepatan tinggi, serta mampu menghadapi perubahan atmosfer, termasuk variasi temperatur[5]. Berikut adalah parameter *performance test engine* CT7-9C.

1. *Speed*

Pengukuran kecepatan (*speed*) pada *engine* pesawat dilakukan dengan sensor tachometer berbasis magnetik atau optik yang mendeteksi putaran poros utama *engine*. Sensor ini menghasilkan sinyal elektrik yang diproses menjadi data kecepatan putaran (sering dalam rpm untuk *shaft*, atau dalam knot lewat *pitot-static system* untuk kecepatan pesawat). Untuk *engine* CT7-9C, sensor *tachometer* magnetik di poros utama biasanya digunakan untuk memperoleh data *speed* yang kemudian dikirim ke *Engine Data Concentrator Unit* (EDCU) dan ditampilkan pada sistem avionik.

2. Temperatur

Pengukuran temperatur dilakukan menggunakan *thermocouple* atau *Resistance Temperature Detectors* (RTD) yang dipasang pada titik-titik kritis *engine* seperti *inlet*, *compressor exit*, *turbine outlet*, dan *exhaust*. *Thermocouple* yang paling sering digunakan adalah tipe K atau E karena tahan terhadap suhu tinggi. Sinyal tegangan atau resistansi dari sensor dikalibrasi menjadi data temperatur aktual, baik untuk *monitoring* maupun kontrol performa *engine*.

3. Putaran

Putaran (RPM, *revolutions per minute*) diukur secara spesifik menggunakan tachometer elektronik yang sensornya terpasang pada *shaft* utama *engine*. Sensor ini memanfaatkan efek elektromagnetik atau optik untuk menghitung jumlah putaran *shaft* tiap menit, yang sangat penting untuk menentukan performa *engine* dan validasi *output* tenaga yang dihasilkan

4. Shaft Horse Power

Shaft Horse Power (SHP) adalah daya yang ditransfer dari *shaft engine* ke perangkat yang digerakkan (seperti baling-baling). SHP tidak diukur langsung, tapi dihitung dari hasil pengukuran *torque* dan rpm *shaft* menggunakan sensor torsi (*torque* sensor) di bagian *output shaft* dan *tachometer* untuk mengukur putaran.

Rumus perhitungan SHP:

1. $SHP\ Dyno$

$$\frac{Dyno\ Speed\ [Rpm] \times Dyno\ Torque\ [LbFt]}{5252} \quad \text{.....(1)}$$

2. $SHP\ Engine$

$$\frac{Power\ Turbine\ [Rpm] \times Engine\ Torque\ [LbFt]}{5252} \quad \text{.....(2)}$$

Sensor yang digunakan untuk mengukur torsi biasanya berupa *strain gauge* atau *piezoelectric* sensor yang mengukur defleksi akibat beban torsi pada *shaft*.

5. Fuel Flow

Pengukuran *fuel flow* atau laju aliran bahan bakar menggunakan sensor *flow meter* berbasis turbin, korolis, atau *differential pressure* di *fuel line engine*. Sensor turbin menggunakan baling-baling kecil yang berputar sebanding dengan laju aliran bahan bakar; sinyal baling-baling dikonversi menjadi data volume *fuel flow*. Korolis *flow meter* mengukur massa langsung dengan efek korolis pada tabung bergetar, sementara sensor tekanan diferensial mengukur perubahan tekanan untuk mengestimasi laju alir bahan bakar .

6. Pressure

Sensor tekanan *engine* biasanya berupa *pressure transducer* (*piezoelectric*, *strain gauge*, atau *capacitance type*), yang mengukur tekanan pada berbagai titik: *inlet*, *compressor*, *turbine*, *oil*, dan *exhaust system*. Data dari sensor diubah menjadi sinyal elektrik dan dikalibrasi menjadi unit tekanan (psi, kPa, atau bar). Monitoring secara kontinu digunakan untuk analisa performa dan deteksi dini masalah pada *engine.*

***Engine* CT7-9C**



Gambar 1 *Engine* Ct7-9C[6]

Penempatan sensor-sensor pengukuran performa seperti sensor torsi (untuk SHP), *tachometer* (untuk rpm/putaran), *thermocouple* (untuk temperatur), *pressure transducer* (untuk tekanan), serta *fuel flow sensor*, biasanya berada pada titik-titik strategis sepanjang *engine*, termasuk pada *shaft* utama, *inlet* dan *outlet* kompresor, *exhaust*, dan jalur suplai bahan bakar. Dengan memahami letak dan fungsi tiap komponen *engine* serta sensor yang dipasang, kita bisa menilai bagaimana parameter performa diukur secara akurat dan terintegrasi dalam sistem *monitoring engine* pesawat modern seperti CT7-9C. Gambar berikut menampilkan *engine* pesawat CT7-9C yang digunakan sebagai contoh pada pembahasan sistem pengujian performa *engine*.

Spesifikasi utama *engine* ini ditampilkan dalam tabel berikut. Kombinasi desain ini mendukung efisiensi tinggi dan fleksibilitas pengukuran performa dengan sensor multi-titik pada berbagai bagian *engine*.

Tabel 1 Spesifikasi *Engine*

Manufactured	:	*GE Aircraft Engines*
Models	:	*CT7-9C*
Compression Ratio	:	*18:1*
Type of Compressor	:	*Combined Axial-Centrifugal*
Number of Compressor	:	*Six Stage (five axial and one centrifugal)*

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif dengan fokus pada pengujian performa dan fungsi *engine turboprop General Electric* CT7-9C yang digunakan pada pesawat CN235. Pengujian dilakukan oleh teknisi di *engine test cell* dengan simulasi kondisi operasional pesawat, sehingga data yang diperoleh mencerminkan kinerja *engine* secara nyata setelah proses MRO[7]. Proses pengujian dilakukan dengan menjalankan *engine* pada berbagai kondisi beban, mulai dari *idle* hingga *auto power reverse*.

Analisis ini difokuskan pada analisis efisiensi *gearbox*, yang berhubungan langsung dengan SHP yang dihasilkan oleh *engine*.

Rumus untuk menghitung efisiensi *gearbox* adalah:

$$Efisiensi\ Gearbox(\eta) = \frac{Output\ Power}{Input\ Power} \times 100\% \text{(3)}$$

Di mana efisiensi gearbox (η) mengukur seberapa baik torsi yang dihasilkan oleh engine ditransmisikan ke sistem propulsi pesawat. Analisis ini mengukur torsi pada berbagai kondisi beban, mulai dari idle hingga *auto power reverse.*

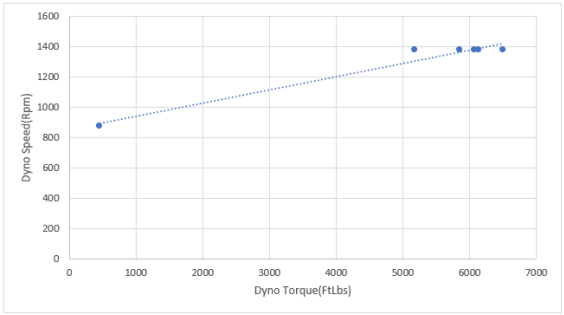
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 Data *Performance Test* [8]

PERFORMANCE POINT	GRND_IDL	TRIM	CRUISE1	CRUISE2	TAKE_OFF	AUTO_PR
Dyno Torque (FtLbs)	462.24	6084	5175.9	5855.8	6143.4	6500.7
Engine Torque (FtLbs)	39.905	395.13	339.21	380.84	399.2	419.44
Dynamometer Speed (Rpm)	875	1377.3	1377.4	1374.6	1374.1	1374.1
Gas Generator Speed (Rpm)	32047	43674	42768	43502	43649	43993
Gas Generator Speed (%)	72.463	97.661	95.639	97.277	97.606	98.378
Power Turbine Speed (Rpm)	13987	21975	21974	21927	21929	21928
Power Turbine Speed (%)	63.583	99.884	99.894	99.671	99.671	99.669
SHP Engine (HP)	106.274	1653.2	1419.2	1590	1666.8	1751.2
SHP Dyno (HP)	77.010	1595.4	1357.4	1532.6	1607.32	1700.8
Efisiensi Gear Box (%)	72.464	96.504	95.646	96.391	96.4312	97.12
Engine Oil Temp (Deg F)	131.42	177.58	177.13	177.35	177.78	177.61
Gear Box Oil Temp (Deg F)	93.811	147.79	146.82	147.82	147.55	147.86

Putaran

Dari tabel hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa *engine* mampu beroperasi secara optimal, yang ditunjukkan dengan rata-rata kecepatan *engine* sebesar 20620 rpm, yang hampir mencapai kecepatan maksimumnya.

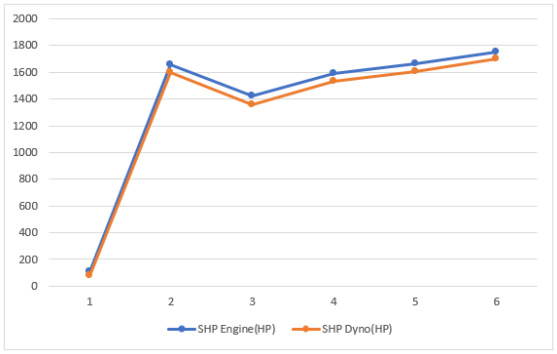


Gambar 2 Kurva RPM dengan Torsi

Grafik di atas memperlihatkan hubungan antara torsi dan rpm pada *engine* pesawat saat dilakukan pengujian menggunakan *dynamometer*. Dalam uji ini, torsi pada *mesin* divariasikan dan diamati dampaknya terhadap kecepatan putaran mesin (rpm), terutama ketika *engine* beroperasi pada batas maksimum kemampuannya. Mesin pesawat membutuhkan paduan torsi dan rpm yang optimal untuk menghasilkan tenaga secara efisien; semakin besar torsi yang dihasilkan oleh *engine*, maka biasanya rpm juga meningkat hingga titik tertentu. Hal ini terlihat pada grafik, di mana tiap penambahan torsi umumnya diikuti oleh kenaikan rpm, sehingga tercipta hubungan langsung antara kedua parameter tersebut. Proses pengujian semacam ini penting dilakukan untuk mengetahui karakteristik performa *engine*, tidak hanya untuk memastikan efisiensi kerja, tetapi juga untuk menjaga kestabilan rpm dan torsi agar *engine* mampu merespons kebutuhan beban saat bekerja pada pesawat. Dengan demikian, dinamika torsi dan rpm pada *engine* pesawat merupakan hal utama yang harus dijaga agar *engine* mampu menghasilkan tenaga maksimal pada berbagai kondisi operasional dan memastikan keamanan serta kenyamanan penerbangan.

SHP

Pencarian SHP pada berbagai titik performa, mulai dari *idle* hingga *auto power reverse*. Di mana torsi dan kecepatan poros diukur pada pengujian di *engine test cell*. SHP *Dyno* dihitung berdasarkan data torsi dan kecepatan poros yang diperoleh dari dinamometer, sedangkan SHP *Engine* dihitung dari daya yang dihasilkan *engine* pada kondisi operasional tertentu. Dengan membandingkan nilai SHP pada kondisi *idle*, *trim*, *take-off*, dan *auto power reverse*, analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi *gearbox* dalam mentransmisikan daya *engine* ke sistem propulsi pesawat.

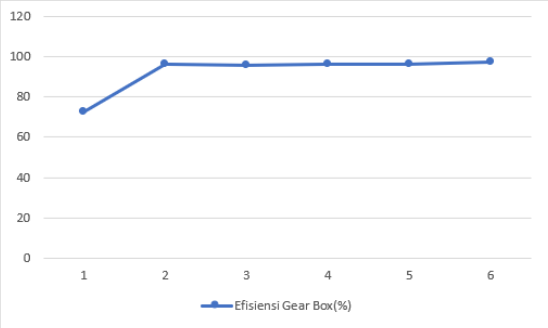


Gambar 3 Kurva SHP Engine Terhadap SHP Dyno

Grafik di atas menunjukkan bahwa baik SHP *Engine* (garis biru) maupun SHP *Dyno* (garis oranye) mengikuti tren yang serupa, dengan nilai SHP meningkat secara stabil hingga mencapai sekitar kurang lebih 1600 HP sebelum akhirnya stabil. SHP *Engine* adalah tenaga yang dihasilkan secara teoritis oleh mesin pesawat pada poros *output*, dihitung berdasarkan parameter ideal seperti torsi dan rpm tanpa memperhitungkan kehilangan mekanis. Sementara itu, SHP *Dyno* merupakan tenaga yang diukur langsung oleh *dynamometer* selama pengujian mesin dalam kondisi nyata. Nilai SHP *Dyno* biasanya lebih rendah dibandingkan dengan SHP *Engine* karena adanya faktor-faktor kehilangan dalam sistem seperti gesekan pada *bearing*, transmisi, serta ketidakefisienan mekanis

lainnya. Kesalahan pengukuran, kebocoran, kualitas *setting* alat ukur, hingga *fuel system* juga dapat mempengaruhi hasil pengukuran daya pada *dynamometer*. Selama pengujian, perbedaan antara SHP *Engine* dan SHP *Dyno* sangat penting untuk dianalisis. Jika selisihnya terlalu besar, bisa menandakan adanya kendala mekanis atau masalah efisiensi yang perlu diperbaiki sebelum mesin digunakan di pesawat.

Efisiensi *Gearbox*



Gambar 4. Kurva Efisiensi Setiap *Point* Pengujian

Dari grafik diatas efisiensi *gearbox* pada *engine* CT7-9C menunjukkan pola peningkatan yang jelas, dimulai dari titik paling rendah saat *idle*, kemudian naik dan stabil di atas 95% pada pengujian *trim*, *cruise*, *take off*, hingga *auto power reverse*. Pada posisi *idle*, pemborosan mekanis dan gesekan internal lebih dominan[9], sehingga efisiensi berada di kisaran 72%. Sebaliknya, pada titik-titik dengan beban lebih tinggi, proporsi transfer tenaga terhadap *losses* mekanik semakin membaik karena pelumasan, *oil film*, dan distribusi gaya telah optimal, sehingga efisiensi *gearbox* mendekati ideal.

Variasi efisiensi *gearbox* pada saat pengujian *engine* pesawat umumnya disebabkan oleh beberapa faktor utama. Pada putaran rendah (rpm rendah), efisiensi *gearbox* cenderung lebih rendah karena gesekan internal masih dominan, pelumas belum sepenuhnya mencapai suhu kerja optimal, dan komponen *gear* belum saling "menyesuaikan" secara termal sehingga *losses* mekanis masih tinggi. Seiring kenaikan rpm dan beban *output*, pelumas menjadi lebih cair dan mampu membentuk lapisan *film* yang lebih stabil di antara permukaan gigi dan bearing. Hal ini menurunkan gesekan serta meminimalkan kerugian energi akibat panas, membuat efisiensi meningkat dan cenderung stabil pada rpm yang lebih tinggi.

Desain rasio *gear* juga punya pengaruh besar terhadap efisiensi. Rasio gear yang tidak tepat bisa menyebabkan pemborosan energi, keausan yang tidak merata, dan distribusi beban yang tidak optimal pada gigi *gear*. Selain itu, variasi beban dinamis selama pengujian (perubahan torsi secara tiba-tiba) dapat menimbulkan fluktuasi pada kontak gigi. Faktor lain seperti kekasaran permukaan gigi, akurasi manufaktur, serta *stiffnes* struktur penopang dan posisi gigi juga berpengaruh langsung pada efisiensi secara dinamis. Semua faktor ini menjadi alasan utama mengapa efisiensi *gearbox* dapat berbeda-beda pada tiap tahapan pengujian engine pesawat.

KESIMPULAN

Engine CT7-9C yang diuji di *test cell* PT. Nusantara Turbin dan Propulsi dinyatakan layak digunakan kembali karena seluruh parameter performa utama telah memenuhi standar operasional pabrikan. Efisiensi *gearbox* yang dihitung dari selisih torsi *input-output* juga menunjukkan transmisi daya yang sangat baik, dengan efisiensi lebih dari 95% pada *power setting* utama, meski efisiensi sedikit menurun pada *idle* akibat dominasi *losses* mekanik. Pengujian menyeluruh terhadap parameter *speed*, *rpm*, *fuel flow*, *pressure*, dan *SHP* berhasil memberikan gambaran akurat tentang kemampuan *engine* di berbagai kondisi beban, di mana variasi efisiensi dan performa sangat dipengaruhi oleh faktor desain *gear*, pelumasan, distribusi beban, dan temperatur pelumas pada tiap mode operasi *engine*. Dengan demikian, *performance test* dan analisis efisiensi *gearbox* terbukti krusial dalam memastikan keandalan, keselamatan, serta pemeliharaan sistem propulsi pesawat CN235, sekaligus menegaskan efektivitas program pengujian kinerja di PT. Nusantara Turbin dan Propulsi bagi kelangsungan operasi penerbangan pesawat *turboprop* CN235.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada PT. NUSANTARA TURBIN DAN PROPULSI yang sudah mengizinkan untuk melihat proses pengujian *engine* dan mengolah data hasil pengujian *engine* dan Universitas Pertahanan RI yang sudah menyediakan tempat yang nyaman untuk Saya dapat menulis hasil analisis data.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Naseri, S. Sammak, M. Boroomand, A. Alihosseini, and A. M. Tousi, “Experimental

Investigation of Inlet Distortion Effect on Performance of a Micro Gas Turbine," vol. 140, no. September, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1115/1.4039057.

[2] Andi Dwi Apriansyah, M. Maridjo, and I. Yuliyani, "Analisis Power Acceptance Engine Dart7 Mk 534-2 Di Departemen Test Cell Pt. Nusantara Turbin Dan Propulsi," *J. Tek. Energi*, vol. 12, no. 1, pp. 24–29, 2023, doi: 10.35313/energi.v12i1.5047.

[3] D. Atmaji, A. A. Noviyanti, and W. Juliani, "Implementation of Maintenance Scenario for Critical Subsystem In Aircraft EngiDwi Atmaji, F. T., Noviyanti, A. A., & Juliani, W. (2017). Implementation of Maintenance Scenario for Critical Subsystem In Aircraft Engine: Case Study NTP CT7 Engine. Internati," *Int. J. Innov. Enterp. Syst.*, vol. 1, no. 02, p. 52, 2017.

[4] D. Carkner, *Green technology*, vol. 26, no. 3. 2010. doi: 10.1002/j.2637-496x.2010.tb00234.x.

[5] H. Prayitno, G. Sakti, A. Zulkarnain, and H. L. Latif, *Aircraft Maintenance Management*. EUREKA MEDIA AKSARA, 2024.

[6] Made Work Order WIP Number: 487004.

[7] Overhaul Manual engine CT7-9C.

[8] P. Kapabilitas, T. Dan, D. Pemeliharaan, and E. Makilla, "Peningkatan kapabilitas turbin dan propulsi dalam pemeliharaan engine makilla series," *J. TNI Angkatan Udar.*, vol. 2, no. 2, 2023.

[9] R. S. R. A, C. B. A, A. W. N, and H. Prayitno, "Analisis Dinamika Performa Engine Turbofan Pada Boeing 737- 300 Dalam Kondisi Idle Hingga Take-Off," vol. 5, no. 1, pp. 432–439, 2025.