

SCHEDULE MAINTENANCE PENGGANTIAN KOMPONEN HIGH PRESSURE (HP) FUEL PUMP PADA PESAWAT HAWK 100/200 TNI AU BERDASARKAN PERHITUNGAN RELIABILITY

Mohammad Syaifudin¹, Waspada Tedja Bhirawa², dan Basuki Arianto³, Syamsunasir⁴,
Hari Moektiwibowo⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jl. Protokol Halim Perdana Kusuma, Komplek Bandar
Udara Halim Perdanakusuma, DKI Jakarta, Indonesia

Email korespondensi: udinpilot@gmail.com

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 15 Juni 2026

Direvisi: 22 Juli 2026

Diterima: 07 Agustus 2026

Kata kunci:

*Hawk 100/200, HP Fuel Pump,
Reliability, MTBF, Preventive
Maintenance, Reliability-Centered
Maintenance*

ABSTRAK

Pesawat Hawk 100/200 yang dioperasikan oleh TNI Angkatan Udara merupakan aset strategis dalam menjaga kedaulatan udara nasional. Salah satu komponen kritis dalam sistem propulsi adalah High Pressure (HP) Fuel Pump, yang berfungsi mengatur suplai bahan bakar bertekanan tinggi ke ruang bakar mesin. Komponen ini bekerja dalam kondisi ekstrem dengan temperatur yang fluktuatif, tekanan yang dinamis, serta siklus operasi berulang, sehingga rentan mengalami degradasi material pada seal, bearing, dan housing. Kegagalan berupa kebocoran (HP Pump Leak) dapat menyebabkan terjadinya engine flameout, fuel starvation, hingga mission abort, yang berdampak pada penurunan kesiapan operasional dan keselamatan penerbangan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jadwal penggantian preventif HP Fuel Pump secara optimal berdasarkan analisis reliability dan Mean Time Between Failure (MTBF). Data historis kegagalan komponen periode 2014–2024 dianalisis untuk menghitung MTBF, fungsi keandalan, serta biaya pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MTBF HP Fuel Pump adalah ± 1603 jam operasi, dengan reliability yang menurun drastis setelah melewati 1500 jam. Interval penggantian preventif pada kisaran 1300–1500 jam dinilai paling optimal karena mampu menjaga keseimbangan antara efisiensi biaya dan keselamatan operasional. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa pemeliharaan preventif berbasis reliability dapat menekan risiko unscheduled maintenance, meminimalisir kerugian operasional, serta menjamin kesiapan pesawat Hawk 100/200 secara berkelanjutan. Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi praktis bagi unit pemeliharaan untuk menerapkan strategi Reliability-Centered Maintenance (RCM), sehingga efektivitas, efisiensi, dan keselamatan penerbangan dapat ditingkatkan.

Keywords:

Reliability MTBF Preventive
Maintenance HP Fuel Pump Hawk
Reliability-Centered Maintenance

Penulis Korespondensi:

Penulis

Email:

udinpilot@gmail.com

The Hawk 100/200 aircraft operated by the Indonesian Air Force represent strategic assets in safeguarding national air sovereignty. One of the critical components in the propulsion system is the High Pressure (HP) Fuel Pump which regulates the supply of high-pressure fuel to the combustion chamber. This component operates under extreme conditions with fluctuating temperatures, dynamic pressures, and repetitive cycles, making it vulnerable to material degradation in seals, bearings, and housing. Failures such as HP Pump Leak may lead to engine flameout, fuel starvation, and mission abort, resulting in decreased operational readiness and flight safety.

This study aims to determine the optimal preventive replacement schedule of the HP Fuel Pump based on reliability analysis and Mean Time Between Failure (MTBF). Historical failure data from 2014–2024 were analyzed to calculate MTBF, reliability function, and maintenance costs. The results indicate that the MTBF of the HP Fuel Pump is approximately 1603 operating hours, with reliability dropping significantly after 1500 hours. Preventive replacement intervals between 1300–1500 hours are considered optimal as they balance cost efficiency and operational safety.

The conclusion emphasizes that reliability-based preventive maintenance can reduce the risk of unscheduled maintenance, minimize operational losses, and ensure sustainable readiness of Hawk 100/200 aircraft. The study provides practical recommendations for maintenance units to implement Reliability-Centered Maintenance (RCM) strategies, thereby enhancing effectiveness, efficiency, and aviation safety.

1. Pendahuluan

Pesawat Hawk 100/200 yang dioperasikan oleh Skadron Udara 1 Lanud Supadio merupakan salah satu aset strategis TNI AU dalam menjaga kedaulatan udara nasional. Keandalan sistem propulsi pesawat tempur ini yang menggunakan engine Rolls Royce dari Inggris sangat menentukan keberhasilan misi penerbangan, baik dalam operasi latihan maupun operasi tempur. Salah satu komponen kritis dalam sistem propulsi adalah High Pressure (HP) Fuel Pump, yang berfungsi mengatur suplai bahan bakar bertekanan tinggi ke ruang bakar mesin.

HP Fuel Pump bekerja dalam kondisi ekstrem temperatur tinggi, tekanan dinamis, dan siklus operasi yang berulang. Kondisi ini menyebabkan komponen mengalami degradasi material secara bertahap, terutama pada bagian seal, bearing, dan housing. Kegagalan HP Fuel Pump, khususnya kebocoran (HP Pump Leak), dapat menimbulkan dampak serius berupa engine flameout, fuel starvation, hingga mission abort. Dengan demikian, keandalan HP Fuel Pump menjadi faktor penentu keselamatan penerbangan dan kesiapan operasional pesawat Hawk 100/200.

Data historis menunjukkan bahwa kegagalan HP Fuel Pump terjadi pada rentang waktu operasi yang bervariasi, mulai dari usia 585 jam hingga 2946 jam. Variabilitas ini menegaskan bahwa umur pakai aktual komponen tidak dapat hanya mengandalkan spesifikasi pabrik, melainkan harus dianalisis secara empiris melalui pendekatan reliability engineering. Salah satu metode yang digunakan adalah

Mean Time Between Failure (MTBF), yang memberikan gambaran rata-rata umur pakai komponen sebelum mengalami kegagalan. Selain itu, fungsi keandalan (reliability function) juga digunakan untuk menghitung probabilitas komponen masih berfungsi normal pada interval waktu tertentu.

Dalam praktik pemeliharaan, terdapat dua pendekatan utama: corrective maintenance (perbaikan setelah rusak) dan preventive maintenance (pencegahan sebelum rusak). Corrective maintenance cenderung menimbulkan biaya tinggi karena melibatkan unscheduled maintenance, downtime pesawat, serta kerugian operasional yang besar. Sebaliknya, preventive maintenance yang berbasis reliability lebih unggul karena memungkinkan penggantian komponen dilakukan sebelum probabilitas kegagalan mencapai titik kritis. Menurut literatur pemeliharaan (Smith & Hinchcliffe, Reliability-Centered Maintenance, 2004), strategi berbasis reliability terbukti mampu menekan biaya pemeliharaan sekaligus meningkatkan keselamatan operasional.

Dalam konteks pada pesawat Hawk 100/200, penerapan preventive replacement berbasis reliability menjadi sangat penting. Dengan menggunakan data historis kegagalan HP Fuel Pump, nilai MTBF dan analisis biaya pemeliharaan, dapat ditentukan interval penggantian yang optimal. Interval ini diharapkan mampu menjaga reliability komponen tetap di atas ambang aman (40–50%), menekan risiko kegagalan mendadak, serta mendukung prinsip Reliability-Centered Maintenance (RCM).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjawab kebutuhan strategis dalam menentukan jadwal penggantian HP Fuel Pump pada pesawat Hawk 100/200 secara optimal. Hasil penelitian diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi akademis, tetapi juga rekomendasi praktis bagi unit pemeliharaan TNI AU dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemeliharaan, serta meminimalkan risiko Aircraft On Ground (AOG) akibat kerusakan komponen tersebut.

2. Metode

Penelitian ini berkaitan dengan cukup tingginya frekuensi penggantian komponen Fuel Pump pada pesawat Hawk 100/200. Kerusakan pada komponen tersebut sering menyebabkan kondisi Aircraft On Ground (AOG) yang berdampak pada terganggunya operasional penerbangan pesawat. Oleh karena itu, diperlukan analisis tingkat reliability komponen guna meminimalkan risiko AOG melalui penentuan jadwal penggantian (schedule maintenance) yang lebih efektif dan efisien.

Penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data, yaitu data primer dan data sekunder dengan uraian sebagai berikut:

a. Data Primer.

Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung pada kegiatan operasional dan pemeliharaan di Skadron Udara 1 Lanud Supadio. Sumber utama data diambil dari sistem Integrated Aviation Software (IAS), Aircraft Maintenance Log (AML) dan Flight Maintenance Log (FML). Data yang dikumpulkan meliputi:

- 1) Part Number (P/N) dari tiap komponen HP Fuel Pump
- 2) Serial Number (S/N)
- 3) Mean Time Between Unscheduled Removal (MTBUR)
- 4) Time Since New (TSN)
- 5) Catatan waktu penggantian komponen HP Fuel Pump
- 6) Frekuensi kerusakan dan jenis kerusakan yang terjadi

Penelitian mengenai Fuel Pump pada pesawat Hawk 100/200 dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1 Engine dan HP Fuel Pump pesawat Hawk 100/200

(Sumber: Rolls-Royce Adour Mk-871 Engine Hawk 100/200)

b. Data Sekunder.

Data sekunder dikumpulkan melalui studi literatur dan dokumen internal organisasi baik di Skadron Udara 1 Lanud Supadio maupun di Skadron Udara 12 Lanud Pekanbaru dan Sathar 82 Depohar 80 Lanud Iswahyudi, seperti Aircraft Maintenance Manual (AMM), Company Maintenance Manual (CMM), Airworthiness Limitation Schedule (ALS), serta dokumen pendukung lainnya. Data ini bersifat penunjang dan digunakan sebagai dasar pembandingan untuk menganalisis data primer.

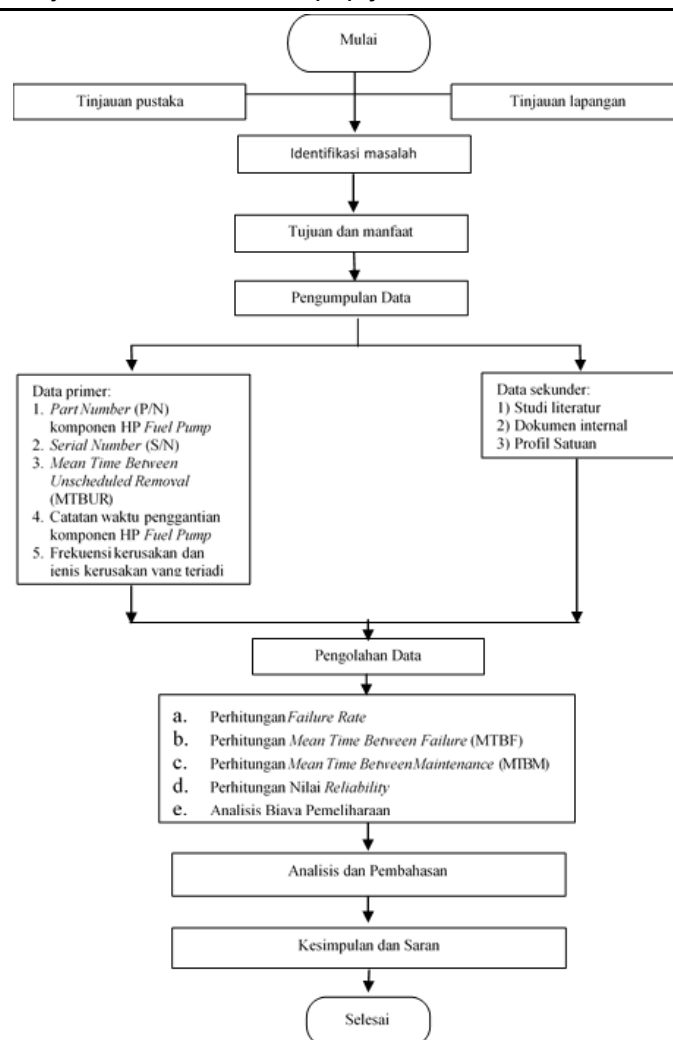
Data yang telah diperoleh akan diolah secara sistematis untuk menentukan nilai keandalan komponen. Tahapan pengolahan data meliputi:

- 1) Perhitungan Failure Rate. Menghitung frekuensi kegagalan komponen dalam periode tertentu.
- 2) Perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF). Menghitung rata-rata waktu antara kegagalan untuk menilai keandalan komponen.
- 3) Perhitungan Mean Time Between Maintenance (MTBM). Menghitung rata-rata interval antar kegiatan pemeliharaan, baik terjadwal maupun tidak terjadwal.
- 4) Perhitungan Nilai Reliability. Menentukan probabilitas komponen tetap berfungsi dengan baik selama periode waktu tertentu.
- 5) Analisis Biaya Pemeliharaan. Menghitung biaya pemeliharaan berdasarkan interval waktu, termasuk perbandingan antara biaya penggantian komponen dan biaya kerusakan (downtime cost, perbaikan, dan opportunity cost).

Data yang telah diperoleh akan diolah secara sistematis untuk menentukan nilai keandalan komponen. Tahapan pengolahan data meliputi:

- a. Perhitungan Failure Rate. Menghitung frekuensi kegagalan komponen dalam periode tertentu.
- b. Perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF). Menghitung rata-rata waktu antara kegagalan untuk menilai keandalan komponen.
- c. Perhitungan Mean Time Between Maintenance (MTBM). Menghitung rata-rata interval antar kegiatan pemeliharaan, baik terjadwal maupun tidak terjadwal.
- d. Perhitungan Nilai Reliability. Menentukan probabilitas komponen tetap berfungsi dengan baik selama periode waktu tertentu.
- e. Analisis Biaya Pemeliharaan. Menghitung biaya pemeliharaan berdasarkan interval waktu, termasuk perbandingan antara biaya penggantian komponen dan biaya kerusakan (downtime cost, perbaikan, dan opportunity cost).

Langkah-langkah yang dilaksanakan digambarkan dalam diagram alur penelitian, seperti terlihat pada gambar 1 :



Gambar 2 Diagram Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Data penelitian ini diperoleh dari catatan riwayat troubleshooting HP Fuel Pump PN MGC 403 pada pesawat Hawk 100/200 selama periode 2014–2024. Catatan ini mencatat setiap kejadian kegagalan komponen, usia operasi saat kegagalan terjadi, serta jenis kerusakan yang dialami. Dari analisis awal, diketahui bahwa jenis kegagalan yang paling dominan adalah HP Pump Leak, yaitu kebocoran pada sistem pompa bertekanan tinggi. Kebocoran ini sangat kritis karena dapat mengganggu suplai bahan bakar ke ruang bakar, menurunkan performa mesin, bahkan berpotensi menyebabkan engine flameout atau mission abort.

Data usia operasi saat kegagalan menunjukkan variasi yang cukup lebar, mulai dari 585:35 jam hingga 2946:15 jam. Variasi ini menandakan bahwa meskipun HP Fuel Pump dirancang untuk bekerja dalam durasi panjang, umur pakai aktual sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal seperti:

- Kualitas bahan bakar yang digunakan, termasuk kemungkinan adanya kontaminan.
- Kondisi lingkungan operasi, misalnya temperatur tinggi, kelembaban, dan tekanan dinamis.

- c. Intensitas misi penerbangan, karena pesawat tempur sering digunakan dalam pola operasi yang tidak seragam.
- d. Prosedur pemeliharaan, apakah dilakukan sesuai standar atau terdapat keterlambatan dalam inspeksi.

Tabel berikut menyajikan data usia operasi HP Fuel Pump saat terjadi kegagalan:

Tabel 1 Usia Operasi HP Fuel Pump Saat Gagal

No	Usia Operasi (jam)
1.	1878:40
2.	1356:15
3.	1499:30
4.	1978:55
5.	2676:29
6.	2283:50
7.	585:35
8.	1808:00
9.	1445:00
10.	1534:20
11.	1195:15
12.	1102:25
13.	2946:15
14.	1371:25
15.	1046:40

Jumlah data (n) = 15 Total jam operasi (Σt_i) = 23.337:10 jam

Dari tabel tersebut dapat diuraikan beberapa temuan penting seperti:

- a. Rentang kegagalan terbanyak terjadi pada interval 1000–2000 jam operasi. Hal ini menunjukkan adanya pola degradasi material yang mulai signifikan setelah melewati jam terbang tertentu.
- b. Kasus kegagalan dini terjadi pada usia 585:35 jam, yang mengindikasikan kemungkinan adanya faktor eksternal seperti kualitas bahan bakar yang buruk atau kesalahan prosedur pemeliharaan.
- c. Kasus kegagalan terlambat terjadi pada usia 2946:15 jam, menunjukkan bahwa dalam kondisi operasi yang relatif stabil dan pemeliharaan yang baik, umur pakai komponen dapat melampaui rata-rata.
- d. Distribusi data tidak seragam, sehingga analisis keandalan berbasis data historis sangat diperlukan untuk menentukan interval penggantian yang lebih tepat.

Secara keseluruhan, data ini memberikan gambaran bahwa HP Fuel Pump memiliki umur pakai aktual yang bervariasi, sehingga tidak dapat hanya mengandalkan spesifikasi desain pabrikan. Analisis kuantitatif seperti Mean Time Between Failure (MTBF) dan reliability function menjadi penting untuk mengidentifikasi titik kritis kegagalan dan menentukan interval penggantian yang optimal.

Dengan adanya data historis ini, penelitian dapat menjawab pertanyaan bagaimana menentukan jadwal penggantian HP Fuel Pump secara optimal. Data kegagalan yang bervariasi menjadi dasar untuk menghitung MTBF, menurunkan fungsi keandalan, dan akhirnya menyusun rekomendasi interval penggantian berbasis probabilitas kegagalan.

Analisis Mean Time Between Failure (MTBF)

Mean Time Between Failure (MTBF) merupakan salah satu parameter utama dalam analisis keandalan komponen. MTBF didefinisikan sebagai rata-rata waktu operasi suatu komponen sebelum mengalami

kegagalan. Nilai ini dihitung berdasarkan data historis kegagalan yang telah dikumpulkan, sehingga memberikan gambaran empiris mengenai umur pakai aktual komponen di lapangan.

Dalam penelitian ini, MTBF HP Fuel Pump PN MGC 403 dihitung dengan menggunakan data usia operasi saat gagal dari 15 sampel komponen. Rumus perhitungan MTBF adalah: dengan:

$$MTBF = \sum tin$$

$\sum ti$ = total jam operasi komponen saat gagal

n = jumlah kejadian kegagalan

Berdasarkan data yang diperoleh:

$$MTBF = 23.337:10 / 15 = 1.555:49 \approx 1555 \text{ jam operasi}$$

Nilai MTBF sebesar ± 1555 jam operasi menunjukkan bahwa secara rata-rata, HP Fuel Pump mulai menunjukkan potensi kegagalan setelah melewati jam operasi tersebut. Artinya, jika komponen digunakan secara terus-menerus tanpa penggantian, probabilitas kegagalan akan meningkat signifikan setelah melewati batas waktu ini.

Beberapa poin penting dari hasil MTBF:

Sebaran data kegagalan menunjukkan adanya variasi yang cukup besar, mulai dari kegagalan dini pada 585 jam hingga kegagalan terlambat pada 2946 jam. Namun, rata-rata kegagalan terkonsentrasi di sekitar 1555 jam.

Hubungan dengan reliability function: MTBF menjadi parameter dasar untuk menghitung laju kegagalan (λ) dan fungsi keandalan $R(t)$. Dengan demikian, MTBF tidak berdiri sendiri, melainkan menjadi bagian integral dari analisis reliability yang lebih komprehensif.

Hasil MTBF ini memberikan jawaban awal:

Komponen memiliki rata-rata umur pakai ± 1555 jam operasi. Interval penggantian harus ditetapkan sebelum nilai ini tercapai agar reliability tetap tinggi. MTBF menjadi dasar untuk menentukan interval penggantian yang lebih presisi melalui analisis reliability function.

Dengan demikian, analisis MTBF tidak hanya memberikan angka rata-rata kegagalan, tetapi juga menjadi landasan teknis untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menyusun rekomendasi pemeliharaan berbasis keandalan.

Analisis Reliability Function

Reliability atau keandalan adalah probabilitas suatu komponen masih dapat berfungsi dengan baik dalam periode waktu tertentu pada kondisi operasi yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, analisis reliability HP Fuel Pump PN MGC 403 dilakukan dengan pendekatan distribusi eksponensial, karena komponen dianggap memiliki laju kegagalan yang relatif konstan sepanjang umur pakainya.

Rumus fungsi keandalan adalah:

$$R(t) = e - \lambda t$$

dengan:

$R(t)$ = nilai keandalan pada waktu operasi t

λ = laju kegagalan, dihitung dari $\lambda = 1 / MTBF$

t = waktu operasi (jam)

Berdasarkan hasil perhitungan MTBF sebesar 1555 jam, maka diperoleh:

$$\lambda = 1 / 1555 \approx 0,000643$$

Dengan nilai λ tersebut, maka fungsi keandalan dapat dihitung untuk berbagai interval waktu operasi.

Contoh :

$$R(300 \text{ jam}) : e - (0,000643 \times 300) = 0,82456 = 82,4\%$$

Hasil Perhitungan Reliability

Reliability $R(t)$ menunjukkan probabilitas suatu komponen dapat berfungsi dengan baik tanpa mengalami kegagalan pada interval waktu operasi t . Tabel 4.2 menyajikan hasil perhitungan reliability HP Fuel Pump PN MGC 403 pada berbagai interval waktu operasi.

Tabel 2 Nilai Reliability HP Fuel Pump PN MGC 403

Waktu Operasi (t)	Nilai Keandalan $R(t)$	Persentase Keberhasilan
0	1,00	100%
300	0,82	82%
500	0,73	73%
800	0,59	59%
1000	0,53	53%
1300	0,43	43%
1400	0,41	41%
1500	0,38	38%
1800	0,31	31%
2000	0,28	28%

Interpretasi Hasil

Adapun interpretasi hasil dari perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

- Awal operasi (0 jam): nilai keandalan berada pada 1,00 atau 100%. Artinya, komponen baru memiliki probabilitas penuh untuk berfungsi normal.
- 300 jam operasi: nilai keandalan turun menjadi 0,82 (82%). Penurunan ini masih relatif kecil, sehingga komponen masih dianggap aman digunakan.
- 500 jam operasi: keandalan turun menjadi 0,73 (73%). Artinya, peluang komponen berfungsi normal masih cukup baik. Pada titik ini, risiko kegagalan masih kecil.
- 800 jam operasi: keandalan turun menjadi 0,59 (59%). Artinya, peluang komponen berfungsi normal sudah dibawah 60%. Pada titik ini, risiko kegagalan mulai ada.
- 1000 jam operasi: keandalan turun menjadi 0,53 (53%). Artinya, peluang komponen berfungsi normal hanya sedikit diatas separuh. Pada titik ini, risiko kegagalan mulai naik.
- 1300 jam operasi: keandalan turun drastis menjadi 0,43 (43%). Artinya peluang kegagalan semakin bertambah.
- 1500 jam operasi: keandalan sudah turun dibawah 40% yaitu 0,38 (38%). Nilai ini sudah mendekati batas MTBF (1555 jam dengan nilai keandalan $0,37 = 37\%$), sehingga probabilitas kegagalan cukup tinggi. Pada usia ini komponen seharusnya melaksanakan Overhaul.
- 1800 jam operasi: keandalan turun drastis menjadi 0,31 (31%). Nilai ini melampaui MTBF, sehingga probabilitas kegagalan semakin tinggi.

- i. 2000 jam operasi: keandalan hanya 0,28 (28%). Artinya, peluang komponen masih berfungsi normal kurang dari sepertiga. Ini adalah batas toleransi usia komponen harus melaksanakan Overhaul.

Analisis reliability function menunjukkan bahwa HP Fuel Pump PN MGC 403 memiliki pola keandalan yang menurun eksponensial seiring bertambahnya jam operasi. Nilai keandalan turun dari 100% pada awal operasi menjadi hanya 38% pada 1500 jam, dan 28% pada 2000 jam. Dengan demikian, interval penggantian yang direkomendasikan adalah sebelum komponen mencapai MTBF, yaitu pada kisaran 1300–1500 jam operasi, agar probabilitas kegagalan tetap rendah dan keselamatan penerbangan terjaga.

Analisis Biaya Pemeliharaan

Analisis biaya pemeliharaan dilakukan untuk mengetahui beban biaya yang timbul dari kegiatan penggantian komponen HP Fuel Pump pada pesawat Hawk 100/200. Perhitungan ini mempertimbangkan dua komponen utama, yaitu biaya penggantian komponen (C_p) dan biaya akibat kerusakan (C_f). Namun demikian, perhitungan ini tidak dibahas dalam penulisan naskah ini karena biaya pemeliharaan dianggarkan dari Kementerian Pertahanan melalui TNI AU. Perhitungan biaya pemeliharaan dan kerusakan tidak dinilai secara materi namun lebih kepada dampak terhadap operasional pesawat yang terganggu dalam mendukung misi penerbangan dalam Operasi Udara.

Beberapa hal yang dapat diambil dari pelaksanaan pemeliharaan adalah bahwa interval waktu penggantian komponen yang terlalu pendek/singkat akan meningkatkan frekuensi penggantian dan biaya suku cadang, sedangkan interval yang terlalu panjang akan meningkatkan risiko kegagalan mendadak dengan biaya perbaikan akibat kerusakan yang lebih besar. Oleh karena itu, interval penggantian yang optimal adalah pada kisaran 1300–1500 jam operasi, sebelum usia komponen masuk waktu pemeliharaan (overhaul).

Interval penggantian pada kisaran ini dianggap paling efisien karena mampu menekan risiko kegagalan mendadak, menjaga keselamatan penerbangan, dan sekaligus mengoptimalkan biaya pemeliharaan. Strategi ini sejalan dengan prinsip Reliability-Centered Maintenance (RCM), yaitu menjaga keseimbangan antara efisiensi biaya dan keandalan operasional pesawat tempur Hawk

Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan HP Fuel Pump PN MGC 403 pada pesawat Hawk 100/200 cenderung meningkat setelah melewati ± 1555 jam operasi, sesuai dengan nilai Mean Time Between Failure (MTBF) yang diperoleh. Pola ini konsisten dengan karakteristik komponen yang bekerja dalam kondisi ekstrem: tekanan tinggi, temperatur fluktuatif, serta siklus operasi berulang. Kombinasi faktor tersebut menyebabkan degradasi material pada bagian internal pompa, seperti seal, bearing, dan housing, sehingga kebocoran (HP Pump Leak) menjadi jenis kegagalan yang paling dominan.

Analisis Pola Kegagalan

- a. Kegagalan dini (early failure): terjadi pada usia operasi sekitar 585 jam. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor eksternal seperti kualitas bahan bakar yang buruk, kontaminasi partikel, atau kesalahan prosedur pemeliharaan. Kegagalan dini ini menunjukkan bahwa meskipun desain komponen mendukung umur panjang, faktor operasional dapat mempercepat degradasi.
- b. Kegagalan rata-rata (random failure): mayoritas kegagalan terjadi pada rentang 1000–2000 jam. Pola ini menunjukkan adanya degradasi material yang mulai signifikan setelah melewati jam terbang tertentu. Pada fase ini, keandalan komponen menurun tajam, sehingga risiko kegagalan mendadak meningkat.
- c. Kegagalan terlambat (wear-out failure): beberapa komponen mampu bertahan hingga 2946 jam tentunya setelah pelaksanaan Overhaul, namun Beberapa komponen dengan usia lebih dari 2000

jam sudah melalui proses overhaul, meskipun demikian probabilitas kegagalan masih cukup tinggi sehingga perlu pertimbangan khusus dalam penggunaannya.

Perbandingan Corrective vs Preventive Maintenance

Jika pemeliharaan hanya dilakukan dengan pendekatan corrective maintenance (perbaikan setelah rusak), maka risiko unscheduled maintenance akan sangat tinggi. Kondisi ini tidak hanya meningkatkan biaya perawatan, tetapi juga menurunkan kesiapan pesawat tempur, karena setiap kegagalan mendadak berpotensi mengganggu jadwal operasi dan misi penerbangan.

Sebaliknya, penerapan preventive replacement berbasis reliability memberikan keunggulan yang signifikan:

- a. Mengurangi risiko unscheduled maintenance: komponen diganti sebelum probabilitas kegagalan mencapai titik kritis.
- b. Meningkatkan kesiapan pesawat tempur: jadwal penggantian yang terprediksi memastikan pesawat siap digunakan kapan pun dibutuhkan.
- c. Mendukung keselamatan penerbangan: dengan reliability tetap di atas 40%, risiko kegagalan mendadak yang dapat membahayakan penerbangan dapat ditekan.
- d. Mengoptimalkan penggunaan suku cadang dan tenaga kerja: interval penggantian yang jelas memudahkan perencanaan logistik dan alokasi personel pemeliharaan.

Menentukan jadwal penggantian HP Fuel Pump secara optimal. Analisis pada bagian ini memberikan jawaban konkret:

- a. MTBF dihitung sebesar ± 1555 jam operasi.
- b. Reliability function menunjukkan penurunan drastis setelah 1500 jam.
- c. Interval penggantian optimal ditetapkan pada 1300–1500 jam operasi.
- d. Interval ini menjaga keseimbangan antara efisiensi biaya dan keselamatan operasional, serta mendukung prinsip Reliability-Centered Maintenance (RCM) yang menekankan pemeliharaan berbasis probabilitas kegagalan dan dampak operasional.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan angka statistik, tetapi juga menghasilkan rekomendasi praktis yang dapat langsung diterapkan oleh unit pemeliharaan pesawat Hawk 100/200.

Kontribusi penelitian ini adalah:

- a. Memberikan dasar kuantitatif untuk menentukan interval penggantian komponen kritis.
- b. Menyediakan acuan teknis bagi personel pemeliharaan dalam menyusun jadwal penggantian berbasis data.
- c. Mendukung kesiapan operasional pesawat tempur dengan mengurangi risiko kegagalan mendadak.
- d. Menjadi referensi bagi penerapan metode Reliability-Centered Maintenance (RCM) di lingkungan TNI AU.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai perhitungan reliability komponen HP Fuel Pump PN MGC 403 pada pesawat Hawk 100/200 TNI AU, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai keandalan (reliability) komponen HP Fuel Pump diperoleh melalui analisis terhadap failure rate, Mean Time Between Failure (MTBF), dan Mean Time Between Maintenance (MTBM). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa komponen HP Fuel Pump memiliki tingkat keandalan yang menurun signifikan setelah melewati ± 1600 jam operasi, dengan probabilitas kegagalan yang semakin meningkat seiring bertambahnya jam terbang.

2. Berdasarkan hasil analisis keandalan dan perhitungan biaya pemeliharaan, interval waktu penggantian komponen yang paling optimal ditetapkan pada 1300–1500 jam operasi. Interval tersebut menjaga reliability komponen tetap berada pada kisaran aman (40–50%) dan menghasilkan biaya pemeliharaan yang lebih efisien dibandingkan penggantian terlalu cepat atau terlalu lambat. 1500 jam operasi: keandalan turun drastis menjadi 0,38 (41%). Nilai ini mendekati batas MTBF, sehingga probabilitas kegagalan semakin tinggi.
3. Penentuan jadwal pemeliharaan preventif berdasarkan nilai reliability terbukti dapat meningkatkan efektivitas kegiatan perawatan dan mengurangi risiko terjadinya Aircraft on Ground (AOG) akibat kegagalan HP Fuel Pump. Dengan penerapan interval penggantian yang optimal, unit pemeliharaan dapat menekan biaya operasional sekaligus menjaga kesiapan armada pesawat Hawk 100/200 dalam mendukung misi penerbangan.
4. Analisis ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis keandalan sangat bermanfaat bagi manajemen pemeliharaan dalam menentukan strategi scheduled maintenance yang tepat, efisien, dan ekonomis. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengambilan keputusan pemeliharaan komponen kritis lainnya di lingkungan TNI AU.

Daftar Pustaka

- Ansori, M., & Mustajib, A. (2013). *Manajemen Pemeliharaan Mesin dan Fasilitas Produksi*. Surabaya: Graha Ilmu.
- Ebeling, C. E. (2010). *Reliability and Maintainability Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- FAA. (2023). *Aviation Maintenance Technician Handbook – Powerplant*. Federal Aviation Administration.
- Kurniawan, D. (2013). *Manajemen Perawatan Mesin*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kurniawan, F. (2013). *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri Implementasi TPM, Preventive Maintenance dan RCM*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Lewis, E. E. (1987). *Introduction to Reliability Engineering*. New York: Wiley.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance*. New York: Industrial Press.
- Mustofa, A. (1997). *Manajemen Pemeliharaan Fasilitas Produksi*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Rahman, A. (2001). *Analisis Biaya Pemeliharaan Preventif*. Jakarta: Penerbit Teknik Industri.
- Rolls-Royce. (2015). *Jet Engine Fundamentals*. Rolls-Royce Technical Publications.
- Supandi, S. (1990). *Perawatan Mesin dan Peralatan Produksi*. Jakarta: Penerbit Teknik.
- Wati, R. (2009). *Manajemen Pemeliharaan*. Bandung: Pustaka Setia.