



Perancangan Aktivitas Pemeliharaan Dengan Metode Reliability Pada Sistem Main Rotor Blade Helikopter Bell 412EP Studi Kasus Penerbad Semarang

Bayu Rahmanto¹, Ferry Setiawan², Edy Sofyan³

^{1,2,3}Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan

¹rahmanto.bayu1996@gmail*, ²ferry.setiawan@sttkd.ac.id, ³edysofyan1967@gmail.com

Abstract

BENGUSPENERBAD is a central workshop specifically owned by the Indonesian Army in Semarang, where aircraft and helicopters are subject to preventive and corrective maintenance. During the period 2018-2020 the BELL 412 EP helicopters often experienced unscheduled maintenance which resulted in losses resulting in flight failure, this was due to a malfunction in the Main Rotor Blade system. The malfunction of the Main Rotor Blade system is dominated by the hub component, namely on the shaft associated with Crack, Noise and Burn damage, and blade components, namely Corrosions, Nicks, Scratches, Dents, Deformation Holes and Crack. Therefore, the aim of this study is to eliminate failure system and unscheduled maintenance. To eliminate failure and unscheduled maintenance, the authors perform an analysis with the FMEA method and calculate using the distribution method, then design the appropriate activities on the system. The data used for analysis are qualitative and quantitative data, where the authors use data from Time To Failure (TTF) and Time To Repair (TTR). According to calculations using the current distribution we found that the Main Rotor Blade system was on time during the 200 operational flight hours, for which the reliability figure was 0.70. Maintenance activities in accordance with the operational conditions of the main rotor blade operating system are preventive maintenance with activities for tool preparation, inspection or check, dismantling and servicing, and finally installation and finishing activities.

Keywords: Main Rotor Blade System, Reliability, FMEA, Maintenance

Abstrak

BENGUSPENERBAD adalah bengkel pusat yang khusus dimiliki oleh TNI AD di Semarang, dimana pesawat udara dan helikopter militer dilakukan *preventive* dan *corrective maintenance*. Selama kurun waktu 2018-2020 helikopter BELL 412 EP sering mengalami *unschedule maintenace* yang menyebabkan kerugian, salah satunya adalah mengakibatkan gagal terbang, mayoritas disebabkan karena kegagalan fungsi pada sistem Main Rotor Blade. Kegagalan fungsi pada sistem *Main Rotor Blade* ini di dominasi pada komponen *hub* yaitu pada *pivot bearing* dengan kerusakan *Crack, Noise dan Burn*, dan pada komponen *blade* yaitu *Corrosions, Nicks, Scratches, Dents, Deformation Holes and Crack*. Oleh karen itu tujuan penelitian ini adalah untuk menghilangkan kegagalan sistem (*system failure*) dan *unscheduled maintenance*. Untuk menghilangkan kegagalan sistem dan *unscheduled maintenance* maka penulis melakukan analisis dengan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan perhitungan keandalan dengan menggunakan distribusi *weibull*, kemudian dilakukan perancangan aktivitas pemeliharaan yang tepat pada sistem tersebut. Data yang digunakan untuk analisis adalah data kualitatif dan kuantitatif, dimana penulis menggunakan data *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR). Menurut perhitungan keandalan dengan menggunakan distribusi *weibull* ditemukan bahwa sistem *Main Rotor Blade* mencapai waktu kritis pada saat 200 jam terbang operasional, dimana angka *reliability* nya adalah 0,7. Aktivitas pemeliharaan yang sesuai dengan kondisi operasional sistem *main rotor blade* adalah *preventive maintenance* dengan aktivitas persiapan alat, *Inspection/Check*, pembongkaran dan *service*, dan yang terakhir yaitu aktivitas pemasangan dan finishing.

Kata kunci: Sistem Main Rotor Blade, Keandalan, FMEA, Maintenance

1. Pendahuluan

Berikut Helikopter adalah moda transportasi udara yang sering digunakan selain pesawat terbang dimana ciri khas helikopter adalah memiliki baling-baling untuk dapat terbang dan mendarat, moda transportasi ini memiliki keunggulan dapat mendarat dan lepas landas

secara vertikal. Penggunaan helikopter di Indonesia sangat diperlukan, dikarenakan wilayah Indonesia yang cukup luas dan berbentuk kepulauan, helikopter dapat dijadikan sebagai moda transportasi yang optimal dan fleksibel. Helikopter mempunyai keunggulan antara

lain, lebih tepat waktu, simple dan praktis, mudah di terbangkan, mudah memilih jalur terbang, dan dapat menjangkau lokasi - lokasi yang sulit. Helikopter tidak harus menggunakan landasan pacu untuk take off maupun landing, dapat ternamg terangkat lurus ke atas dan kembali di titik yang sama.

Meskipun memiliki kecanggihan dan standar keselamatan yang tinggi, namun Helikopter BELL 412EP sering mengalami kegagalan sistem kerja akibat adanya kerusakan yang terjadi secara tiba – tiba sehingga timbul perawatan yang tidak terjadwal (unscheduled maintenance), hal tersebut menyebabkan kerugian yang cukup besar seperti terjadinya gagal terbang maupun kecelakaan. Maka diperlukan metode perawatan yang tepat untuk menghilangkan failure dan unscheduled maintenance pada komponen kritis Helikopter BELL 412EP, salah satunya dilakukan dengan menggunakan metode keandalan (reliability) dan untuk menentukan batas kritis waktu operasional (critical life time) komponen, titik akhirnya adalah perencanaan dan pelaksanaan maintenance yang efektif untuk mencegah kegagalan pada operasional sistem main rotor blade Helikopter bell 412 EP.

Berdasarkan data yang penulis ambil dari BENGPU SPENERBAD Semarang, dikarenakan sering terjadi kerusakan yang tidak terjadwal pada sistem main rotor blade Helikopter BELL 412EP, maka diperlukan penelitian untuk mengetahui penyebab kegagalan yang di analisis dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dan perhitungan reliability menggunakan distribusi weibull untuk mengetahui batas kritis operasional komponen. Selanjutnya dapat di rencanakan dan di laksanakan prosedur maintenance yang efektif pada sistem main rotor blade untuk menjamin bahwa helikopter tersebut dalam keadaan laik terbang (airworthy) dan keselamatan terbang (Safety), sehingga tidak terjadi lagi unschedule maintenance pada sistem main rotor blade.

Konsep Reliability

Menurut Ebeling (1997) [1], yang dimaksud reliability atau keandalan adalah kemungkinan suatu komponen atau sistem untuk dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Fungsi yang dimaksud adalah pengoperasian tertentu dan dalam sistem dan lingkungan tertentu dan untuk periode waktu yang telah ditentukan. Dalam hal ini, yang dimaksud keandalan adalah kemungkinan suatu komponen melaksanakan fungsinya selama periode waktu (t) atau lebih, dengan tanpa mengalami kegagalan fungsi. Oleh karena itu, evaluasi keandalan dapat memperkirakan peluang sebuah sistem atau komponen untuk dapat melaksanakan fungsinya sesuai dengan jangka waktu yang telah ditetapkan. Meskipun setelah melewati jangka waktu yang ditetapkan, sistem atau komponen masih dapat beroperasi tetapi tidak dapat memenuhi fungsinya secara maksimal

Uji Keandalan

Uji Keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa sebuah sistem akan menampilkan atau

melaksanakan tugas yang telah ditetapkan dengan memuaskan untuk periode waktu yang ditentukan, yang digunakan berdasarkan kondisi tertentu (Ebeling, 1997). Tingkat keandalan sebuah sistem mempunyai arti bahwa probabilitas sebuah sistem untuk dapat menjalankan fungsinya, artinya karena nilai keandalan ini dalam bentuk probabilitas maka nilainya berkisar antara 0 hingga 1 (Ebeling, 1997).

Jika $R(t)$ menyatakan fungsi keandalan dari komponen atau suatu sistem sebagai fungsi waktu maka hubungan antara fungsi keandalan $R(t)$ dan distribusi kerusakan kumulatif atau $F(t)$ dihubungkan oleh sebuah formula dibawah ini :

$$R(t) = 1 - F(t) = P(T \geq t) \text{ untuk } t > 0$$

dengan:

$F(t)$: Fungsi kumulatif dari t

$P(T \geq t)$: Probabilitas suatu sistem berfungsi di atas periode waktu t

Fungsi Reliability

Fungsi reliability merupakan fungsi matematik yang mengukur hubungan reliability dengan waktu. Nilai fungsi reliability adalah nilai probabilitas, sehingga nilai fungsi reliability (R) bernilai $0 \leq R \leq 1$ (Ebeling, 1997). Fungsi reliability dinotasikan sebagai $R(t)$ dari sistem jika dipakai selama t satuan waktu. Probabilitas sistem dapat berfungsi dengan baik selama pemakaian $[0, t]$. Parameter yang akan diukur di dalam pengolahan data yaitu laju kegagalan komponen. Parameter tersebut merupakan variabel random yang dapat didefinisikan secara kontinyu. Konsep waktu dalam reliability adalah TTF (time to failure). TTF sebagai waktu yang dilalui komponen saat mulai beroperasi sampai mengalami kegagalan. Perhitungan nilai keandalan secara umum, menggunakan persamaan berikut ini (Ebeling, 1997).

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_0^{\infty} f(t) dt \quad (1)$$

Keterangan :

$F(t)$: adalah Cumulative Distribution Function (CDF)

$R(t)$: adalah Reliability Function

$f(t)$: adalah Probability Density Function (PDF)

Distribusi Weibull

Distribusi ini merupakan distribusi yang paling sering digunakan untuk menganalisis data kerusakan, karena distribusi weibull dapat memenuhi beberapa periode kerusakan yang terjadi, yaitu periode awal (early failure), periode normal dan periode pengausan (wear out). Adanya parameter-parameter dalam distribusi weibull membuat bentuk-bentuk perilaku kerusakan dapat lebih mudah dimodelkan. Distribusi weibull dapat digunakan untuk laju kerusakan yang meningkat maupun menurun (Ebeling 1997). Fungsi keandalan seperti pada rumus 2.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (2)$$

dengan:

t : waktu kerusakan
 θ : parameter skala dari distribusi weibull
 β : parameter bentuk dari distribusi weibull

Pada distribusi weibull, parameter yang digunakan yaitu β yang disebut sebagai parameter bentuk (shape parameter) dan α sebagai karakteristik skala. Kedua dari parameter tersebut bernilai positif, α juga disebut parameter skala (scale parameter).

Identifikasi Distribusi dan Distribusi

Identifikasi distribusi dapat dilakukan Least Square Curve Fitting. Ukuran korelasi linear antara dua perubah yang paling banyak digunakan adalah koefisien korelasi. Index Of Fit atau koefisien korelasi (r) menunjukkan hubungan linear yang kuat antara dua perubahan acak Xi dan Yi. Semakin besar nilai r menandakan bahwa hubungan linear antara Xi dan Yi semakin baik. Nilai r = 0 berarti antara Xi dan Yi tidak ada hubungan linear namun bukan berarti tidak ada hubungan sama sekali. Distribusi yang memiliki nilai Index Of Fit tertinggi akan dipilih untuk di uji dengan Goodness Of Fit Test. Rumus umum metode Least Square Curve Fitting dan Index Of Fit dapat dilihat pada rumus 6 dan rumus 7 (Ebeling, 1997):

Rumus metode Least Square Curve Fitting

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \tag{3}$$

Keterangan:

i : Data waktu ke i
 n : Jumlah data kerusakan

Rumus Index Of Fit:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]} \tag{4}$$

Rumus yang dimiliki oleh masing-masing distribusi:

1) Distribusi Weibull

Distribusi weibull dilakukan dengan metode kuadrat terkecil (least square method) yaitu (Ebeling, 1997):

$$x_i = \ln t_i \tag{5}$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - (F(t_i))} \right) \right] \tag{6}$$

Dengan:

ti : Data kerusakan ke i i : 1,2,3 . . . n
 n : Jumlah data kerusakan

Berikut merupakan nilai rumus perhitungan parameter berdasarkan distribusi peluangnya:

Parameter distribusi Weibull, parameter diperoleh dari rumus 12 (Ebeling, 1997), yang dapat di lihat pada rumus di bawah ini ;

$$\theta = \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n} \right)^{\frac{1}{\beta}} \tag{7}$$

Untuk data lengkap dan sensor tunggal, parameter β diperoleh dengan menyelesaikan persamaan 13

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \sum (x_i)^2 - (\sum x_i)^2} \tag{8}$$

Reliability Centered Maintenance

Konsep dasar dari metode RCM ini adalah mempertahankan fungsi dari salah satu sistem, sehingga segala upaya perawatan yang dilakukan adalah untuk menjaga agar sistem tetap berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Metode RCM digunakan untuk menganalisa fungsi komponen, jenis kerusakan yang terjadi, efek yang timbul akibat kerusakan, menentukan batas waktu operasional (critical life time) komponen serta tindakan yang harus diberikan untuk mengantisipasi jenis kerusakan pada komponen kritis pada suatu sistem.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan teknik manajemen kegagalan yang dilakukan untuk mengidentifikasi kegagalan suatu komponen atau sistem dalam menjalankan fungsinya. Failure mode digunakan untuk menentukan penyebab permasalahannya, dan failure effect menjelaskan dampak dari penyebab kegagalan tersebut. Proses FMEA sangat penting dilakukan karena digunakan pula sebagai dasar dalam perbaikan performa suatu komponen atau system.

Penelitian yang Relevan

Saleh JH [2] , Tikayat Ray A, Zhang KS, Churchwell JS, 2019 “Maintenance and Inspection As Risk Factorsin Helicopter Accidents : Analysis and Recommendations” Dalam penelitian ini, Peneliti menemukan pengelompokan kecelakaan pemeliharaan yang signifikan dengan jumlah jam terbang yang singkat setelah pemeliharaan dilakukan. Peneliti kemudian memeriksa "kegagalan fisik" yang mendasari kecelakaan terkait pemeliharaan dan menganalisis prevalensi berbagai jenis kesalahan pemeliharaan dalam kecelakaan helikopter.

Yusrul Fata [3],, 2018 “Analisis Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Dan Maintenance Value Stream Map (MVSM) di CV. Bonjor Jaya Klaten” Kebutuhan akan nilai produktivitas mesin yang tinggi menjadi sebuah tuntutan perusahaan. CV. Bonjor Jaya Klaten memiliki salah satu kendala atau permasalahan walaupun sudah menggunakan system preventive dan corrective. Permasalah tersebut disebabkan belum terencana dan tidak adanya Standard Operatsional Prosedure (SOP) pada bagian maintenance untuk mengatasi kerusakan mesin bubut L-3 dan menyebabkan meningkatkan nilai downtime. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan penerapan

SOP dan pemilihan tindakan perawatan yang sesuai menggunakan pendekatan RCM dan MVSM.

Furqon Gilang Nugraha [4], 2017 “Reliability Evaluation on Engine Fuel and Control Aircraft Boeing 737-800 Garuda Indonesia at PT. GMF Aeroasia Cengkareng” Sebagian besar delay pesawat Boeing 737-800 Garuda Indonesia yang terjadi sepanjang tahun 2012-2016 disebabkan karena adanya kegagalan fungsi pada sistem Engine Fuel and Control Sehingga perlu dilakukan evaluasi nilai kehandalan pada sistem Engine Fuel and Control, evaluasi yang dilakukan berkaitan dengan frekuensi waktu kegagalan atau kerusakan komponen- komponen.

Fani Wahyu Rahardito [5], 2016 “Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Proses Gas Kriogenik” Dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan implementasi reliability centered maintenance (RCM) pada proses gas kriogenik. Dimana dalam proses tersebut dilakukan analisa data secara kualitatif dan secara kuantitatif. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui komponen-komponen kritis pada sistem gas kriogenik Mengetahui kehandalan komponen berdasarkan data perawatan (maintenance record) pada sistem gas kriogenik serta mengetahui usaha pencegahan yang dilakukan terhadap unit pada sistem gas kriogenik agar tidak terjadi kegagalan.

Wisudana Dion Hendra [5], 2015 “Evaluasi Reliability dengan Metode Kuantitatif dan Kualitatif RCFA pada Unit Superheater, Desuperheater dan Exhaust Damper HRSG 3.1 di PT. PJB UP. Gresik” Evaluasi reliability dilakukan dengan metode kuantitatif dan kualitatif pada tiga unit penyusun HRSG plant. Hasil perhitungan kuantitatif pada masing- masing komponen untuk evaluasi pada waktu bervariasi terhadap fungsi standar reliability dibawah 0.7,

Pengujian terbang dilakukan hanya dengan 45% throttle untuk helikopter dapat melakukan take off.

2. Metode Penelitian

1) Rancangan Penelitian

Rangkaian penelitian ini memakai metode observasi, observasi adalah pengamatan langsung yang penulis lakukan di lapangan atau tempat penelitian, yakni Hanggar milik TNI-AD di Semarang. Data yang di ambil meliputi data kualitatif dan data kuantitatif, studi literatur adalah penelusuran pustaka atau pemahaman teoritis mengenai Helikopter Bell 412 EP, khususnya pada komponen-komponen main rotor blade.

2) Lokasi dan Waktu Penelitian

Pada proses penelitian ini penulis melakukan penelitian dan pengambilan data di BENGPU SPENERBAD yakni di hanggar milik TNI AD Semarang. Pengambilan data dilakukan pada waktu yakni mulai tanggal 1 juli 2020 sampai dengan 1 agustus 2020.

3) Bahan Penelitian

Untuk menunjang penelitian yang penulis lakukan ini maka penulis memerlukan bahan penelitian yang berupa data meliputi data kualitatif dan data kuantitatif. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data maintenance main rotor blade. Data yang dimaksud adalah catatan perawatan atau historical kegagalan dan perbaikan pada main rotor blade periode tahun 2018-2020, yaitu informasi mengenai sistem perawatan yang diterapkan, dan prosedur perawatan/perbaikan yang dilakukan oleh petugas di Hanggar milik TNI-AD di Semarang.

4) Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini tahapan penelitian dilakukan dengan cara yaitu pengambilan data kemudian selanjutnya pengolahan data. Pengambilan data yang penulis lakukan yaitu data perawatan sistem main rotor blade selanjutnya data ini diolah dan dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif, yaitu menganalisis kehandalan main rotor blade Helikopter Bell 412 EP sesuai dengan data perawatan selama kurun waktu 2018-2020 yang penulis ambil dari Hanggar TNIAD di Semarang. Adapun pengolahan data dengan metode kuantitatif dilakukan dengan evaluasi reliability dengan perhitungan distribusi Weibull untuk mendapatkan batas kritis waktu operasional komponen. Sedangkan pengolahan data hasil metode kualitatif disajikan dalam sebuah tabel FMEA.

5) Teknik Pengumpulan Data

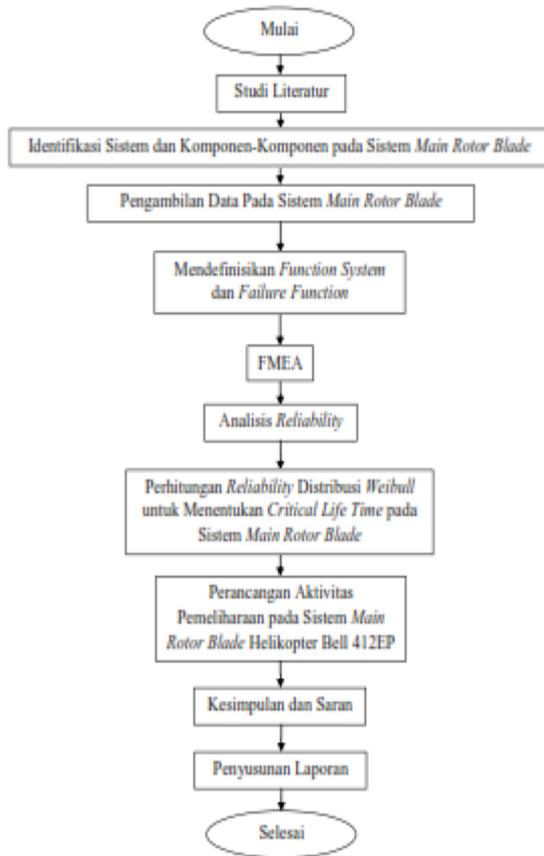
Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data dimulai dengan mengidentifikasi penyebab kegagalan sistem dan komponen pada main rotor blade untuk pengambilan data kualitatif. Data kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah data catatan perawatan atau historical kegagalan dan perbaikan pada main rotor blade periode tahun 2018-2020, yaitu informasi mengenai sistem perawatan yang diterapkan, dan prosedur perawatan/perbaikan yang dilakukan di BENGPU SPENERBAD Semarang.

6) Analisis Data

Adapun analisis data pada penelitian ini penulis melakukan dengan metode kualitatif disajikan dalam sebuah tabel Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Sedangkan pengolahan data hasil metode kuantitatif yaitu dilakukan dengan evaluasi reliability menggunakan distribusi Weibull.

7) Kerangka Alur Penelitian

Diagram kerangka alur penelitian dapat di lihat pada gambar di bawah ini : =====metode preparasi dan teknik karakterisasi yang digunakan. Jelaskan dengan ringkas, tetapi tetap akurat seperti ukuran, volume, replikasi dan teknik pengerjaan. Untuk metode baru harus dijelaskan secara rinci agar peneliti lain dapat mereproduksi percobaan. Sedangkan metode yang sudah mapan bisa dijelaskan dengan memetik rujukan[4-6].

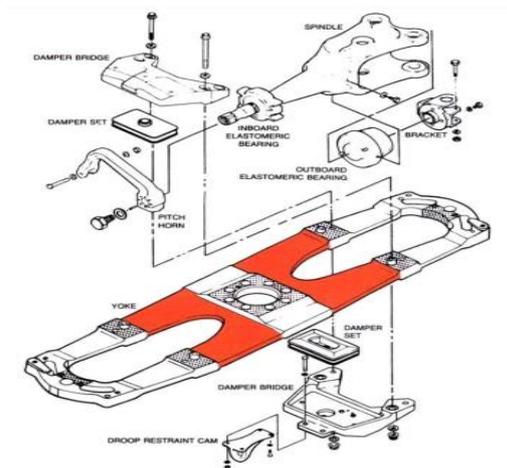


Gambar 1. Kerangka Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

1) Identifikasi Sistem Main Rotor Blade

Tahap ini dimulai dengan mengidentifikasi sistem dan komponen pada main rotor blade dilakukan pada tahap pertama penelitian ini. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui komponen yang saling terhubung pada sistem dan memudahkan dalam perhitungan. Pembagian pada sistem main rotor blade ini terbagi menjadi dua komponen, yaitu komponen hub dan komponen blade. Gambar sistem hub dapat di lihat di bawah ini ;

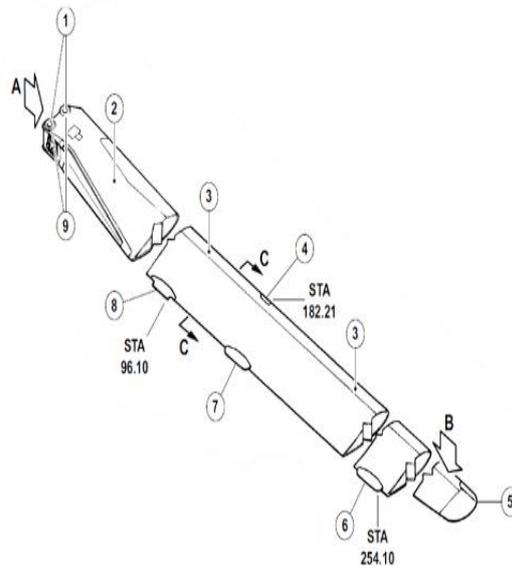


Gambar 2. Sistem Hub Main Rotor Blade

Sistem Hub terdiri dari beberapa part komponen utama di antaranya adalah ;

1. Damper Bridge
2. Damper Set
3. Pitch Horn
4. Spindle
5. Inboard Elastomeric Bearing
6. Bracket
7. Outboard Elastomeric Bearing
8. Yoke
9. Droop Restraint Cam

Sistem blade pada komponen main rotor blade dapat di lihat pada gambar berikut ini ;



Gambar 3. Sistem Blade Main Rotor Blade

Sistem blade terdiri dari beberapa part komponen utama di antaranya adalah ;

1. Blade Bolt Retention Bushings
2. Main Rotor Blade Bonded Assembly
3. Abrasion Strip
4. Splice Cover (Inboard)
5. Tip Assembly
6. Outboard Trim Tab
7. Mid Trim Tab
8. Inboard Trim Tab
9. Fretting pad

2) Analisis Kualitatif

Analisa kualitatif yang dilakukan adalah dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan suatu sistem, dimana pada penelitian ini kegagalan yang terjadi pada sistem *main rotor blade* adalah kegagalan yang terjadi secara mendadak sehingga menimbulkan aktivitas unschedule maintenace.

Tabel di bawah ini menunjukkan hasil analisis kualitatif FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dari *system main rotor blades* ;

Tabel 1. FMEA Main Rotor Blade and Hub

Item	Component Function	Failure Causes	Failure Mode	Failure Effect
Komponen blade	Untuk menciptakan gaya angkat	Corrosions, Nicks, Scratches, and Dents, dan Deformation Holes and Crack	Kerusakan komoponen blade	Vibration, gagal terbang, kecelakaan
Komponen hub	Untuk menghubungkan mast dengan blade	Crack, Noise, dan Burn	Inboard Elastomeric Bearing), Outboard Elastomeric Bearing	Vibration, gagal terbang, kecelakaan

3) Analisis kualitatif

Evaluasi kuantitatif dilakukan dengan menggunakan teknik analisis distribusi weibull untuk mengetahui nilai keandalan sehingga dapat diketahui waktu kritis pemakaian alat yang kemudian akan dilakukan perencanaan *preventive maintenance* yang tepat.

a. Data Kegagalan Sistem Main Rotor

Data penulis ambil dari catatan kerusakan di Bengpuspenerbad selama 2 tahun, pengambilan data di ambil pada saat kerusakan di mulai tanggal 6/2/2018 sampai dengan 1/11/2019 yang dapat di lihat dalam table berikut ini ;

Tabel 2. Data Kerusakan Sistem Main Rotor Blade

No	Tanggal	TTF (jam)	TTR (jam)	Failure
1	6/2/2018	243	24	Komponen Hub
2	8/6//2018	178	12	Komponen Hub
3	3/9/2018	127	20	Komponen Hub
4	3/12/2018	324	15	Komponen Hub
5	14/1/2019	816	11	Komponen Blade
6	29/3/2019	779	15	Komponen Blade
7	8/7/2019	541	13	Komponen Blade
8	1/11/2019	346	18	Komponen Hub
Jumlah		3354	128	
Rata-rata		419,25	16	

b. Mencari parameter ditribusi weibull

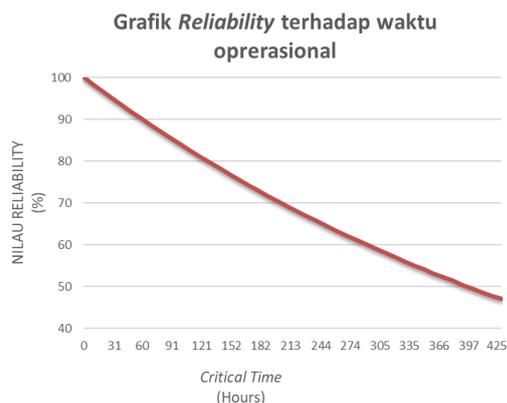
Dari data di atas dilakukan perhitungan nilai kehandalan (*reliability*) dan di dapat nilai batas waktu kritis operasional sistem *Main Rotor Blade*, waktu kritis ditentukan pada standart nilai kehandalan adalah adalah 0,7 merujuk pada standar industri untuk batas nilai kehandalan (*reliability*). Suatu sistem dianggap sudah tidak handal jika nilai keandalan dibawah angka 0,7 atau 70%. Pada distribusi Weibull kali ini menggunakan 2 parameter skala yaitu parameter β dan θ . Untuk mencari parameter tersebut dilakukan perhitungan *Least Square Curve Fittin* yang di dapat pada table di bawah ini ;

Tabel 3. Perhitungan *Least Square Curve Fittin*

i	ti (jam)	Failure	$X_i = \ln t_i$	$F(ti)$
1	127	Komponen Hub	4,844	0,083
2	178	Komponen Hub	5,182	0,202
3	243	Komponen Hub	5,493	0,321
4	324	Komponen Hub	5,781	0,44
5	346	Komponen Hub	5,846	0,56
6	541	Komponen Blade	6,293	0,679
7	779	Komponen Blade	6,658	0,798
8	816	Komponen Blade	6,704	0,917
Σ	3354		46,802	4

Dari tabel di atas dapat di hitung parameter skala β dan θ dari distribusi weibull dengan rumus nomor 7 dan 8, didapatkan nilai dari parameter $\beta = 1,589729846$ dan parameter $\theta = 906,74555088$

Setelah mendapatkan nilai parameter β dan θ maka dapat di hitung nilai kehandalan (*reliability*) menggunakan rumur nomor 2, sehingga didapatkan nilai kehandalan dengan waktu kritis operasional *system main rotor blade* dimana hasil perhitungan dapat dilihat dari grafik di bawah ini ;



Gambar 4. Grafik Keandalan Terhadap Waktu

Dari gambar diatas dapat kita analisis bahwa tindakan *preventive maintenance* perlu dilakukan pada sistem *main rotor blade* setelah operasional 200 jam untuk mencegah terjadinya kegagalan yang menyebabkan terjadinya *unscedulle maintenace*, dimana jika kerusakan tersebut terjadi ketika operasional dapat menyebabkan kondisi yang fatal (kecelakaan helikopter ataupun gagal terbang).

4. Perancangan Aktivitas Pemeliharaan

Dari analisis keandalan diatas maka penulis melakukan desain/perancangan aktivitas perawatan sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan dan kegagalan (*failure*) pada operasional sitem main rotor blade Halikopter type Bell 412 EP.

Diketahui hasil analisis keandalan sistem main rotor blade dimana waktu kritis sistem adalah 200 jam operasional, maka untuk mencegah kerusakan dilakukan *preventive maintenance* pada system main rotor blade setelah mencapai batas kritis waktu (*Critical life time*) operasional 200 jam, dimana aktivitas pemeliharaan yang direncanakan akan menjadi *scheduled maintenance* pada perawatan helikopter bell 412EP. Desain /perancangan aktivitas maintenance ini di laksanakan setelah *system main rotor blade* beroperasi dalam waktu 200 jam, yang penulis susun dengan rencana sebagai berikut;

a. Aktivitas Inspection/Check

- 1) Check Corrosions pada blade dengan *Visual Inspection*, apabila korosi tidak melebihi 1.2525 inci (31.8135 mm) maka dapat diterima.
- 2) Check Nicks, Scratches, and Dents pada blade apabila Nicks, Scratches, and Dents tidak melebihi 0,012 inci (0,30 mm) maka dapat diterima.
- 3) Check *Deformation Holes and Crack* dengan *Visual Inspection*.
- 4) Check Grease (Mil-G-81322).
- 5) Check *Inboard Elastomeric Bearing* (412-010-105 dan 412-010-187), *Outboard Elastomeric Bearing* (412-010-106-101), dengan inspection menggunakan alat Stetoskop.
- 6) Check vibrasi dengan alat VXP pada sistem *main rotor blade*.

b. Aktivitas Pembongkaran dan Service

- 1) *Service Corrosions* pada blade dengan *Visual Inspection*, apabila korosi melebihi 1.2525 inci (31.8135 mm) maka harus dilakukan pemolesan pada bagian yang terkena korosi kemudian dilakukan pengecatan ulang.
- 2) *Service Nicks, Scratches, and Dents* pada blade apabila *Nicks, Scratches, and Dents* melebihi 0,012 inci (0,30 mm) maka dilakukan *Polished Smooth*.
- 3) *Service Deformation Holes and Crack* apabila ditemukan *Deformation Holes and Crack* maka harus dilakukan penggantian *Part/Blade*.
- 4) Ganti grease (Mil-G-81322).
- 5) Penggantian unit *pivot bearing* secara berkala sesuai *life time* bearing atau jika terjadi tanda-tanda ketidak normalan bearing (*grease* terdapat gram besi, *Crack, Noise, Burn*).
- 6) Check vibrasi dengan alat VXP pada sistem *main rotor blade*.

c. Aktivitas Pemasangan dan Finishing Pemasangan kembali komponen.

- 1) Bersihkan semua bagian *main rotor hub* dengan *Drycleaning Solvent*.
- 2) *Cleaning*, membersihkan area blade dan area hub terutama pada *Inboard Elastomeric Bearing* (412-010-105 dan 412-010-187), *Outboard Elastomeric*

Bearing (412-010-106-101), memastikan tidak ada *tools* ataupun benda asing pada area blade dan hub.

- 3) *Balancing* main rotor blade dengan alat VXP, apabila tidak balance maka di tambah material *balance* pada blade.

Aktivitas *maintenance* di atas bertujuan untuk memperoleh perencanaan *maintenance* yang efektif, mencegah kegagalan dan menanggulangi penyebab kegagalan yang telah dianalisis dengan metode FMEA, dari analisis kuantitatif dengan menggunakan distribusi *weibull* pada *system main rotor blade*, di dapat nilai keandalan dengan angka 0,7 dan waktu kritis operasional adalah 200 jam terbang operasional.

4. Kesimpulan

1. Dari hasil analisis *reliability* didapat waktu kritis pada operasional 200 jam dengan nilai *reliability* adalah 0,704 atau 70,4%.
2. Aktivitas pemeliharaan yang sesuai dengan kondisi operasional sistem main rotor blade adalah *preventive maintenance* dengan aktivitasnya adalah aktivitas persiapan alat, *Inspection/Check*, pembongkaran dan *service*, dan yang terakhir yaitu aktivitas pemasangan dan finishing.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang sedalam – dalam nya kami sampaikan kepada BENGPU SPENERBAD yang telah menyediakan waktu, tempat dan fasilitas sebagai obyek penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] Ebeling, Charles E. 1997. An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Singapore: The Mc. Graw Hill Companies.
- [2] Saleh, JH 2019 *Maintenance and Inspection as Risk Factors in Helicopter Accidents: Analysis and Recommendations*.
- [3] Nugraha, Furqon Gilang. 2017. "Evaluasi Reliability Engine Fuel and Control Pada Pesawat Boeing 737-800 Garuda Indonesia di PT. GMF Aeroasia Cengkareng." Skripsi. Surabaya: ITS.
- [4] Rahardito, 2016. "Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Proses Gas Kronik." Skripsi. Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS
- [5] Wisudana, Dion. 2015. "Evaluasi Reliability dengan Metode Kuantitatif dan Kualitatif RCFA Unit Superheater dan Desuperheater pada HRSG 3.1 Plant di PT. PJB Unit Pembangkit Gresik". Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Teknik Fisika.
- [6] Nelwan, Topan. 2013. Rancang Bangun Helikopter Coaxial Baster B-3119 untuk Unmanned Aerial Vehicle (Uav) (Kaji Kinerja Aerodinamika). TA. Politeknik Negeri Bandung.
- [7] Cavcar, Mustafa. 2003. Airfoil Terminology. Diakses dari www.coaportal.com/resources/aerodynamics/3-airfoilterminology.pdf. 27 Maret 2020 (15:23).