

Penanganan *Vibration Propeller* menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* pesawat KT-1B *Woong Bee*

Riski Kurniawan*, Sunu Aditya Pamungkas, Agung Prakoso,
Indro Lukito, Cyrilus Sukaca Budiono, Wahyudi Soemarwoto

Department of Aeronautics, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Indonesia

Article Info

Article history:

Received July 25, 2024
Accepted August 6, 2024
Published August 28, 2024

Keywords:

Propeller System
Vibration Propeller
Unbalance Propeller
Balancing Propeller
Fault Tree Analysis

ABSTRAK

Propeller yang diputar oleh *engine* dapat menghasilkan gaya dorong, karena bentuk *blade propeller* sendiri yang menyerupai *airfoil* pada *wing* pesawat jika dilihat dari penampangnya. Pada pesawat KT-1B *Woong Bee*, *propeller* yang digunakan adalah HC-E4N-2/E9512CB-1, jenis *adjustable pitch* dengan 4 *blade*. Agar *propeller* berfungsi optimal, putaran harus stabil untuk memastikan gaya dorong dan kenyamanan penerbangan. *Vibration* pada *propeller* sering disebabkan oleh ketidakseimbangan *blade*, yang bisa terjadi akibat perbedaan berat *blade* atau perbedaan *angle of attack*. Analisis kegagalan *vibration propeller* dilakukan dengan observasi dan data kegagalan dari pesawat KT-1B *Woong Bee* dalam tiga tahun terakhir (2021-2023). Data tersebut dianalisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menemukan *basic event vibration* yang kemudian dianalisa kembali untuk menentukan modus kegagalan yang berupa *different weight* pada *blade* yang kemudian dilakukan penanganan berupa *balancing propeller*, yang mencakup penambahan beban pada *blade* untuk menyeimbangkan berat *blade propeller*.



Corresponding Author:

Riski Kurniawan,
Department of Aeronautics,
Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto,
Jl. Janti Blok – R Lanud Adisutjipto
Kec. Banguntapan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55198
Email: riski@itda.ac.id

1. PENGANTAR

Pesawat Terbang (*Aircraft*) merupakan alat transportasi yang pada saat ini populer yang digunakan oleh kebanyakan masyarakat untuk menempuh suatu tujuan yang jaraknya jauh dengan waktu yang relatif singkat dari pada menggunakan transportasi lainnya[1]. Pesawat bisa terbang karena menggunakan tenaga dari *engine* yang ada pada pesawat. Saat ini *engine* yang di gunakan pada pesawat terbang mayoritas menggunakan *turbine engine* maupun *jet engine* sehingga dapat menghasilkan tenaga yang lebih besar dan efisien untuk menggerakkan badan pesawat terbang yang semakin besar dan untuk terbang lebih jauh lagi. Tetapi pada awal kemunculan pesawat pesawat terbang menggunakan tenaga dari *propeller* yang diputar menggunakan *engine*[2].

Salah satu fungsi *propeller* adalah untuk mengubah gaya yang dihasilkan oleh *engine* menjadi tenaga yang lebih besar. Istilah "gaya propulsif" mengacu pada pengubahan gaya yang dilakukan oleh *propeller* dari udara ke arah belakang dan menghasilkan gaya ke arah depan, atau gaya dorong (*thrust*), di mana *propeller* menggerakkan masa udara yang besar ke arah belakang pada kecepatan yang relatif lebih cepat[3]. Pesawat KT-1B *Woong Bee* diproduksi oleh *Korean Aerospace Industries* (KAI), Korea Selatan.[4] Dan dibekali dengan *engine turboprop* bertipe PT 6A-62 buatan *Pratt & Whitney Canada*. *Propeller* pesawat KT-1B *Woong Bee* adalah buatan *Hartzell Propeller inc, Piqua, Ohio USA* dengan type HC-E4N-2/E9512CB-1[5]. Yang bekerja dengan putaran rata-rata sebesar 1300-1650 RPM pada saat penerbangan, dengan putaran tersebut tentunya *propeller* harus stabil saat berputar agar pesawat tidak bergetar saat melakukan penerbangan. Salah satu

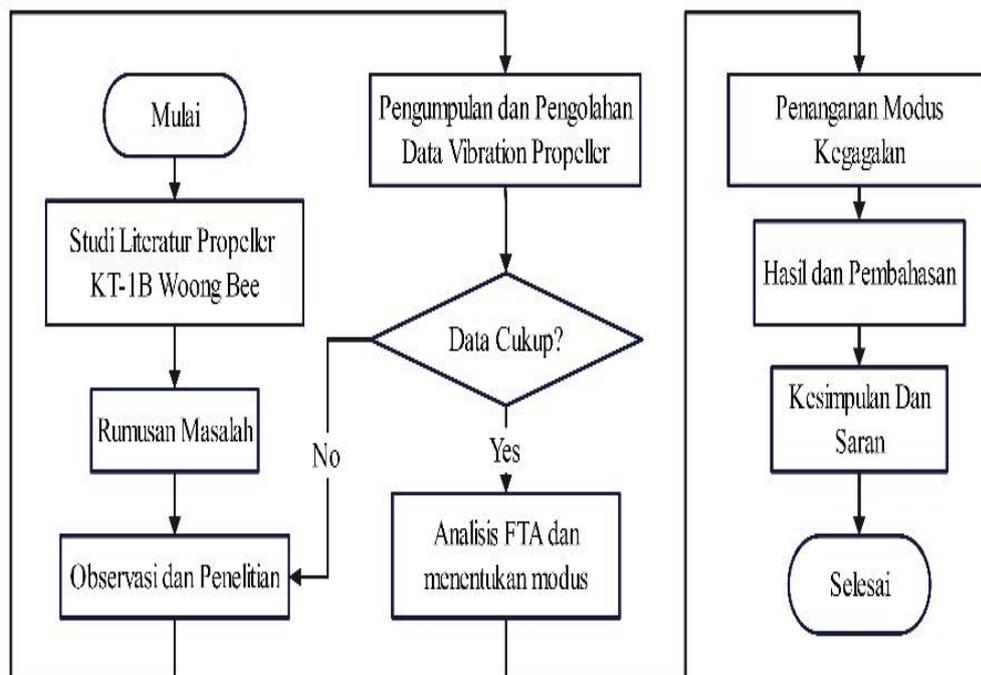
kegagalan yang menimbulkan efek getaran baik saat penerbangan maupun *ground idle* dapat disebabkan oleh tidak seimbangya *propeller* atau disebut juga *unbalance propeller*. Dan jika *propeller* mengalami *unbalance propeller* maka akan menimbulkan efek getaran yang mengganggu pilot saat melakukan penerbangan, bahkan dapat memicu terjadinya kegagalan pada *propeller system* yang lainnya.[6] Unbalance Propeller terjadi akibat gaya sentrifugal yang dihasilkan propeller ketika berputar tidak stabil yang terjadi akibat lintasan dari propeller tidak sama anatar satu dengan yang lainnya[7]

Contoh dari kasus kegagalan akibat *vibration propeller* adalah pada maskapai *Atlantic Southeast Airlines flight 529* di *Carrollton, Georgia USA* pada tanggal 21 Agustus 1995. *Unbalance propeller* menyebabkan *blade propeller* terlepas dan pesawat kehilangan gaya dorong yang menyebabkan pesawat jatuh dari ketinggian 18.100 *feet* ke tanah. Pada kasus ini *unbalance* diakibatkan oleh *crack* pada *blade propeller* sebelah kiri pesawat.[8] Berdasarkan penjelasan diatas, dan mengingat pentingnya kestabilan dari *propeller*, penulis bermaksud melakukan analisa kegagalan *vibration propeller* pada pesawat *KT-1B Woong Bee* di Skadron Teknik 043 Lanud Adisutjipto Yogyakarta.

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Skadron Teknik 043 Lanud Adisutjipto Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 29 Februari 2024 sampai 29 April 2024 di Hanggar 3 Pesawat *KT-1B Woong Bee*. Dengan objek penelitian adalah *propeller HC-E4N-2/E9512CB-1* pada pesawat *KT-1B Woong Bee* dengan data kegagalan yang diambil dari *log book* dalam kurun waktu 3 tahun terakhir (2021-2023).

Penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* untuk melakukan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*)[9], yang selanjutnya ditentukan *Minimal Cut Set* (MCS) untuk mengetahui kombinasi terkecil dari peristiwa dasar (*basic events*) yang, jika semuanya terjadi, akan mengakibatkan terjadinya peristiwa puncak (*top event*)[10].



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

Setelah melakukan observasi dan penelitian didapatkan data kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan *vibration propeller* yaitu : *Shaft Propeller Aus, Bearing Propeller Aus, Mounting Hub Bearing, Mounting Blade, Deformation Blade, Governor Problem, Pitch Change Mechanism Problem, Scraped Blade*, dan *Korosi Blade*. Dari kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan *vibration propeller* tersebut dilakukan

pencocokan data kembali dengan data *log book* kerusakan *vibration propeller* pada pesawat KT-1B *Woong Bee* dari tahun 2021-2023.

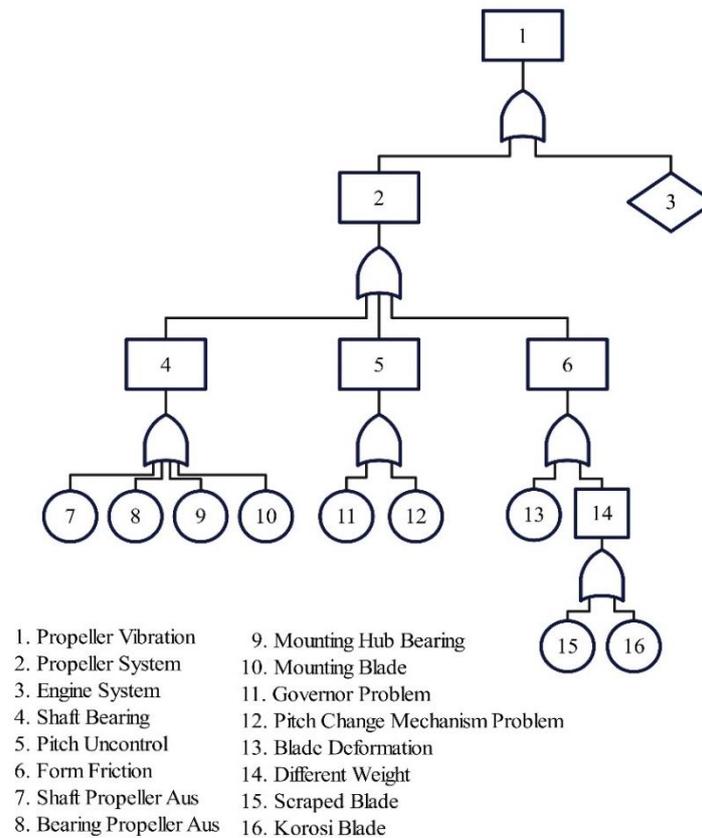
Tabel 1. Data Kegagalan *Vibration Propeller* KT-1B *Woong Bee* 2021-2023

No	No Pesawat	Tanggal	Kegagalan	Penyebab	Tindakan
1	LL-0109	04/06/2021	<i>Vibration Propeller</i>	<i>Bearing Propeller</i>	Penggantian <i>Bearing</i>
2	LL-0110	17/09/2021	<i>Vibration Propeller</i>	<i>Different Weight (Scraped Blade)</i>	<i>Balancing</i>
3	LL-0111	28/09/2021	<i>Vibration Propeller</i>	<i>Fluctuate Pitch</i>	Penggantian <i>Governor</i>
4	LL-0115	09/06/2022	<i>Vibration Propeller</i>	<i>Different Weight (Scraped Blade)</i>	<i>Balancing</i>
5	LL-0104	22/11/2022	<i>Vibration Propeller</i>	<i>Different Weight (Scraped Blade)</i>	<i>Balancing</i>
6	LL-0108	13/02/2023	<i>Vibration Propeller</i>	<i>Different Weight (Scraped Blade)</i>	<i>Balancing</i>
7	LL-0107	08/11/2023	<i>Vibration Propeller</i>	<i>Different Weight (Scraped Blade)</i>	<i>Balancing</i>

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa penyebab kegagalan *vibration propeller* pada pesawat KT-1B *Woong Bee* yang terjadi selama kurun waktu 2021-2023 adalah: *Bearing Propeller*, *Different Weight (Scraped Blade)* dan *Fluctuate Pitch* dengan total kegagalan *vibration propeller* sebanyak 7 kali dalam kurun waktu 3 tahun terakhir. Dari data tersebut dianalisa kembali untuk mencari kegagalan yang sering menimbulkan *vibration propeller* dalam kurun waktu 3 tahun dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Jumlah Penyebab Kegagalan *Vibration Propeller*

No	Penyebab	Jumlah Kegagalan
1	<i>Different Weight (Scraped Blade)</i>	5
2	<i>Bearing Propeller</i>	1
3	<i>Fluctuate Pitch</i>	1



Gambar 2. *Fault Tree Analysis Vibration Propeller*

Dari Tabel diatas dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya *Vibration Propeller* yang paling sering terjadi adalah *Different Weight* yang disebabkan *Scraped Blade* yang terjadi sebanyak 5 kali dalam kurun waktu 3 tahun. *Scraped weight* terjadi dikarenakan gaya gesek dari udara yang perlahan-lahan mengikis *leading edge* dari *blade propeller*, *blade* yang terkikis secara terus menerus akan memengaruhi dari berat dari *blade propeller* sendiri. Penanganan kegagalan dari *scraped blade* sendiri adalah dengan cara melakukan *balancing* ulang dari *blade propeller*, cara kerja dari *balancing* sendiri adalah dengan melakukan penambahan beban untuk menyeimbangkan berat *propeller* sehingga gaya sentrifugal yang dihasilkan ketika *propeller* berputar menjadi seimbang. Pada umumnya *scraped blade* terjadi pada *blade* yang sudah tinggi jam terbangnya.

3.1 Fault Tree Analysis

Dari data observasi dan penelitian kegagalan yang telah dilakukan dilakukan analisa kembali menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk membuktikan hasil dari pengumpulan data dan penelitian pada kegagalan *vibration propeller* faktor penyebab kegagalan *vibration propeller* terdapat pada *output* FTA yang berupa hasil observasi dan pengumpulan data yang dapat menyebabkan terjadinya *vibration propeller*.

Setelah membuat diagram *Fault Tree Analysis* pada gambar diatas, dapat ditentukan langkah selanjutnya yaitu menentukan *minimum cut set* (MCS) pada permasalahan *vibration propeller*. *Minimum cut set vibration propeller* dijabarkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Top Event (1)} &= 2 + 3 \\
 &= 4 + 5 + 6 \\
 &= (7 + 8 + 9 + 10) + (11 + 12) + (13 + 14) \\
 &= (7 + 8 + 9 + 10) + (11 + 12) + (13 + (15 + 16)) \\
 \text{MCS} &= 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 + 15 + 16
 \end{aligned}$$

Dari hasil diatas, dapat disimpulkan bahwa terdapat 9 *basic event* yang dapat menimbulkan terjadinya *top event*. Berikut ini adalah *basic event* yang dapat menyebabkan kegagalan *vibration propeller* pada pesawat KT-1B *Woong Bee* :

1. Kode 7 : *Shaft Propeller Aus*
Propeller Shaft yang aus disebabkan oleh batang dari *shaft* yang terkikis karena bergesekan dengan *liner shaft propeller*, yang menyebabkan *shaft* tidak dapat menahan putaran *propeller* dengan stabil yang kemudian menimbulkan getaran karena *shaft* tidak tertahan dengan baik. Penanganan kegagalan *shaft propeller* dilakukan dengan cara penggantian keseluruhan *shaft propeller* sendiri.
2. Kode 8 : *Bearing Propeller Aus*
Bearing Propeller yang aus disebabkan karena pelumasan yang tidak sempurna sehingga menyebabkan perubahan bentuk pada *roller* dari *bearing* itu sendiri, pelumasan yang tidak sempurna menyebabkan panas berlebih yang menimbulkan *fatigue* pada *material roller* dari *bearing* yang semakin lama menimbulkan deformasi pada *blade*. *Bearing propeller* yang aus harus dilakukan penggantian pada *bearing* yang aus dan rutin untuk melakukan pelumasan pada *bearing*.
3. Kode 9 : *Mounting Hub Bearing*
Mounting Hub Bearing yang aus menimbulkan celah pada *bearing* dengan dudukan *bearing* yang mengakibatkan *bearing* dan *shaft propeller* di *hub* tidak tertahan dengan baik dan menimbulkan pergerakan saat *propeller* digoyangkan di *ground* dan *vibration* saat *propeller* berputar. Jika *mounting hub propeller* mengalami keausan harus segera dilakukan penggantian *mounting*.
4. Kode 10 : *Mounting Blade*
Mounting Blade yang rusak dapat menimbulkan celah antara *blade* dengan *mounting* yang menahan *blade* yang mengakibatkan *blade* tidak tertahan dengan baik, *blade* yang tidak tertahan dengan baik dapat menimbulkan *vibration* baik di *ground* maupun saat penerbangan karena gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan tidak seimbang antara *blade* satu dengan yang lainnya, *blade* yang tidak tertahan dengan baik juga dapat menyebabkan kerusakan struktural pada *hub* maupun dari *blade* karena tidak ada penahan yang mengurangi gaya yang dihasilkan saat berputar. *Mounting blade* yang mengalami kerusakan harus segera dilakukan penggantian.
5. Kode 11 : *Deformation Blade*
Deformation Blade adalah kondisi dimana *blade propeller* yang mengalami perubahan bentuk yang dapat menyebabkan perbedaan gaya *thrust* yang dihasilkan oleh setiap *bladenya*. *Deformation blade* bisa terjadi ketika *propeller* terbentur benda asing maupun karena bengkok akibat gaya yang dihasilkan *propeller*, *propeller* dapat bengkok jika *material propeller* mengalami *fatigue* atau kelelahan dari *material* yang menyebabkan kekuatan *blade* untuk menerima gaya yang dihasilkan saat beroperasi menurun dari yang seharusnya [11]. Jika *blade* mengalami *deformation* harus segera dilakukan penggantian *blade*.

6. Kode 13 : *Governor Problem*
Governor Problem dapat merubah *pitch blade* terlalu cepat atau terlalu lambat ketika proses penggantian sudut saat penerbangan atau biasa disebut *Too High or Low Respond* ini dapat terjadi jika tekanan *oil* dari *governor* yang menuju *piston pitch change mechanism* mengalami *over pressure* atau *low pressure*. *Too High or Low Respond* ditangani dengan cara melakukan kalibrasi ulang dari *governor* maupun penggantian *governor*.
7. Kode 14 : *Pitch Change Mechanism Problem*
Pitch Change Mechanism Problem dapat menyebabkan *Fluctuate Pitch* yang merupakan kondisi dimana sudut dari *propeller* berubah terus menerus yang diakibatkan oleh kerusakan dari *Pitch Change Mechanism*. *Fluctuate pitch* menyebabkan gaya dorong yang dihasilkan tidak stabil saat penerbangan sehingga menimbulkan getaran saat terbang. *Fluctuate Pitch* ditangani dengan cara melakukan kalibrasi ulang dari *governor* maupun penggantian komponen dari *Pitch Change* sendiri.
8. Kode 15 : *Scraped Blade*
Scraped Blade adalah kondisi dimana *leading edge* dari *blade propeller* terkikis akibat gesekan aliran udara secara terus menerus, *Scraped Blade* juga dapat terjadi jika *propeller* terkena objek benda asing seperti kerikil saat berada di *ground*. *Scraped blade* dapat menimbulkan *vibration* jika kondisinya melebihi batas yang ditentukan. Efek getaran dapat terjadi jika berat (*weight*) dari *blade propeller* berbeda antara satu dengan lainnya[12]. Jika *propeller* mengalami *scraped blade* maka dilakukan *balancing* untuk menyeimbangkan dari berat dari *blade propeller* sendiri jika kondisi dari *blade* yang mengalami *scraped* masih dalam batas yang diizinkan untuk terbang, dan jika sudah melebihi batas yang ditentukan maka dilakukan penggantian *blade*, kegagalan *scraped blade* menjadi kegagalan yang paling sering menimbulkan *vibration* pada propeller pesawat KT-1B *Woong Bee*.
9. Kode 16 : Korosi
 Korosi pada *blade* adalah kondisi dimana *blade* mengalami pengikisan yang disebabkan oleh faktor lingkungan yang *exstream* seperti air laut atau kelembapan yang tinggi sehingga menimbulkan karat. Korosi yang parah dapat menimbulkan perbedaan berat pada *blade* dan dapat merusak struktur dari *blade* sendiri. Jika *blade* mengalami korosi maka dilakukan penghilangan karat dengan cara melakukan pengamplasan pada titik karat yang kemudian dilapisi dengan melapisi dengan lapisan anti karat, korosi parah pada *blade* belum pernah terjadi dalam kurun waktu 3 tahun terakhir[13].

3.2 Penanganan Kegagalan

Penanganan kegagalan berdasarkan *basic event* yang sering terjadi yaitu *scraped blade* adalah dengan melakukan *balancing* pada *propeller*, *Balancing* bertujuan untuk memberikan beban tambahan (*counter weight*) pada pangkal *blade* untuk menyeimbangkan berat dari setiap *bladenya* dengan penambahan beban pada *blade* menghasilkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh setiap *bladenya* menjadi sama[14]. Proses penanganan dimulai dengan pengukuran perbedaan berat menggunakan *Balancer Analyzer 8500C*, kemudian dilakukan penambahan beban berupa *bolt*, *washer* dan *nut* pada titik yang diperlukan sesuai dengan prosedur T.O.1T-KT1B-2-5JG-7 *Balancing Test*. [15]. Setelah itu, dilakukan pemeriksaan dan pengujian ulang untuk memastikan getaran sudah sesuai standar yang diperbolehkan, yaitu di bawah 1.000 sesuai dengan T.O.1T-KT1B-2-5JG-7-16 dan nilai penambahan beban menjadi 0 gr.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan analisa dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) didapatkan bahwa faktor penyebab terjadinya kegagalan *vibration propeller* pada pesawat KT-1B *Woong Bee* diantaranya adalah : *Shaft Propeller Aus*, *Bearing Propeller Aus*, *Mounting Hub Bearing*, *Mounting Blade*, *Deformation Blade*, *Governor Problem*, *Pitch Change Mechanism Problem*, *Scraped Blade*, dan *Korosi Blade*. dengan modus atau kegagalan yang paling sering terjadi adalah *scraped blade* yang mengakibatkan perbedaan berat (*Different Weight*) pada salah satu *blade*.
2. Proses penanganan kegagalan berdasarkan dari modus kegagalan *vibration propeller* pada pesawat KT-1B *Woong Bee* adalah dengan melakukan *balancing* yang berdasarkan pada T.O. 1T-KT1B-2-5JG-7. Setelah data dari pengukuran *balancing* didapatkan maka dilakukan penanganan berupa penambahan beban (*counter weight*) pada titik yang ditentukan oleh alat *Balancer Analyzer* dengan beban berupa *bolt*, *washer*, dan *self locking nut* yang ditimbang dengan *digital scale* sesuai dengan beban yang dibutuhkan, yang kemudian dilakukan *balancing* ulang untuk mengetahui apakah propeller sudah seimbang atau belum dengan cara mengulangi prosedur *balancing propeller* sesuai dengan urutan hingga mendapatkan data berupa 0 gr pada setiap *boltnya* yang menandakan *propeller* sudah *balance* (seimbang).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lucia Rahayu Geroda, Kasmara Joni, and Marausna Gaguk, "Analisis Performa Heat Exchanger Dengan Variasi Arah Aliran Dan Penambahan Vortex Generator Untuk Mengatasi Icing Pada Karburator Pesawat Piston Engine," vol. 7, 2021, doi : [10.56521/teknika.v7i1.255](https://doi.org/10.56521/teknika.v7i1.255)
- [2] Wirawan Taruna, "Analisis Perbedaan Pitch Propeller Terhadap Kecepatan Angin Dan Gaya Dorong Yang Dihasilkan Dengan Metode CFD," 2022.
- [3] Yusuf Amry As Tanjung, "Rancang Bangun Simulator Pergerakan Feather Pada Baling-Baling Pesawat Terbang," 2019.
- [4] T. I. Ar Roby Nurofik, "Kerja Sama Pengembangan Pesawat Tempur KFX/IFX Antara Indonesia-Korea Selatan Periode 2010-2018," 2021.
- [5] "Propeller System KT-1B Woong Bee," 2018.
- [6] D. Kriswintyo and H. Hartopo, "Terjadinya Unbalanced Fan Blade Sebagai Salah Satu Penyebab Vibrasi Pada Engine CFM56-7B Boeing 737-900 ER PK-LGK," 2018.
- [7] IB. P. P. Mahartana, "Modeling And Analysis The Influence Of Increasing Operating Speed Over The Dynamic Response Of Unbalance Rotor Study Case At Steam Turbine Unit 1 PLTU Amurang 2X25MW," 2018.
- [8] National Transportation Safety Board, "Aircraft Accident Report In-Flight Loss Of Propeller Blade Forced Landing, And Collision With Terrain Atlantic Southeast Airlines, Inc., Flight 529 Embraer EMB-120RT, N256AS Carrollton, Georgia August 21, 1995," 1996. Accessed: May 05, 2024.
- [9] A. Alijoyo, Q. B. Wijaya, and I. Jacob, "Fault Tree Analysis Analisis Pohon Kesalahan," 2021.
- [10] I. Lukito, C. S. Budiono, A. Pambekti, R. Kurniawan, A. Prakoso, and F. Mizan, "Analisa Kegagalan Fungsi Traffic Alert and Collision Avoidance System Boeing 737-800 Next Garuda Indonesia dan Identifikasi Penyebab Kegagalan Dengan Metode Fault Tree," 2022, doi: [10.28989/senatik.v7i0.459](https://doi.org/10.28989/senatik.v7i0.459)
- [11] R. I. Yaqin, A. Bagus Prasetyo, M. H. Amrullah, B. Maruli, and T. Pakpahan, "Studi Numerik Umur Kelelahan (Fatigue Life) Pada Propeller Kapal Penangkap Ikan Dengan Kapasitas Mesin 24 HP," Jurnal Teknologi Terapan], vol. 6, no. 1, 2020, doi: [10.31884/jtt.v6i1.245](https://doi.org/10.31884/jtt.v6i1.245)
- [12] E. Nurfauzi, L. E. Riyanti, and B. Shakti Arrafat, "Damage Analysis of Propeller Blade P/N R815505 with Root Cause Failure Analysis Method on ATR 72 Aircraft," Airman: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi, vol. 5, no. 2, pp. 87-94, Dec. 2022, doi: [10.46509/ajtk.v5i2.297](https://doi.org/10.46509/ajtk.v5i2.297)
- [13] Mega Suryani and Arya Mahendra Sakti, "Analisis Korosi Erosi Pada Material Propeller Kapal Berbahan Dasar Paduan Dan Aluminium Komersil Dengan Penambahan NaCl," JTM, vol. 10, pp. 123-128, 2022.
- [14] G. Filimonikhin, I. Filimonikhina, Y. Bilyk, L. Krivoblotsky, and Y. Machok, "Theoretical Study Into The Aerodynamic Imbalance Of A Propeller Blade And The Correcting Masses To Balance It," Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 4, no. 7-112, pp. 1-6, 2021, doi: [10.15587/1729-4061.2021.238289](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238289)
- [15] Ar'Rauf Dandy, "Penanganan Dan Analisa Kegagalan Pitch Change Pada Propeller System Engine PT 6A-62 Pesawat Kt-1b Woong Bee Di Hangar 3 Skadron Teknik 043 Lanud Adisutjipto," 2022.