

PENYEBAB PENURUNAN *MEASURED GAS TEMPERATURE (MGT) MARGIN ENGINE* ARRIUS 2R PADA HELIKOPTER BELL 505 JET RANGER X MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)*

¹Angga Nur Cahyadi, ²Edi Sofyan, ³Erwan Eko Prasetyo

^{1, 2}*Teknik Dirgantara, STTKD Yogyakarta*

Abstrak

Industri penerbangan telah pulih pasca pandemi, dan maskapai dengan percaya diri kembali mengoperasikan armadanya, salah satu yang digunakan adalah helikopter Bell 505. Perawatan helikopter juga dilakukan untuk menjaga performa dalam keadaan baik dan siap terbang. Performa helikopter Bell 505 juga dipengaruhi oleh kondisi engine, apabila engine dikatakan memiliki performa yang bagus maka engine tersebut harus mampu digunakan dalam fungsi sesuai waktu yang direncanakan. Pada Bell 505 ditemukan permasalahan pada saat pelaksanaan Power Assurance Check yaitu, turunnya nilai MGT margin yang mendekati nilai 0 sehingga berakibat pada penurunan performa dari engine itu sendiri. Oleh karena itu diperlukan analisis dan tindakan korektif untuk mengetahui penyebab penurunan pada MGT margin engine Arrius 2R.

Metode yang digunakan adalah fault tree analysis, dengan melakukan pendekatan yang bersifat top down, dimulai dengan asumsi kegagalan dari Top Event kemudian merinci hingga pada kegagalan dasar (Root Cause). Setelah melakukan penggambaran konstruksi FTA, dilakukan evaluasi dengan minimum cut set hingga didapatkan basic event.

Hasil analisis yang dilakukan dengan "Penurunan MGT Margin Engine Arrius 2R" sebagai Top Event pada helikopter Bell 505 Jet Ranger X dengan kode registrasi PK-WSA pada periode Maret 2022 hingga Juli 2022 di PT. Whitesky Aviation yang berdasarkan pada data AFML (Aircraft Flight Maintenance Log), Wawancara dengan Engineer Bell 505 dan Troubleshooting Manual Engine Arrius 2R dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis diperoleh, 13 intermediate event dengan menggunakan gerbang logika "OR" dan 9 basic event yang menjadi penyebab penurunan MGT margin pada Engine Arrius 2R yakni, Broken Packing Seal, Fuel Contamination, Issues With the Fuel Filter, Kondisi Lingkungan, Filter Damage, Filter Deterioration, Un Tight Screw, IBF Jarang Dibersihkan, Not Familiar Maintenance Manual.

Kata kunci: *MGT Margin, Fault Tree Analysis, Penurunan Performa Engine, Arrius 2R*

Abstract

The aviation industry has recovered from the pandemic, and airlines are confidently operating their fleets again, one of which is the Bell 505 helicopter. Helicopter maintenance is also carried out to maintain performance in good condition and ready to fly. The performance of the Bell 505 helicopter is also influenced by the condition of the engine, if the engine is said to have good performance, the engine must be able to be used in function according to the planned time. In Bell 505, a problem was found during the implementation of the Power Assurance Check, namely, the decrease in the MGT margin value which is close to the value of 0, resulting in a decrease in the performance of the engine itself. Therefore, analysis and corrective action are needed to determine the cause of the decrease in the MGT margin of the Arrius 2R engine.

The method used is fault tree analysis, by taking a top down approach, starting with the assumption of failure from the Top Event then detailing down to the basic failure (Root Cause). After drawing the FTA construction, evaluation is carried out with the Minimum Cut Set until the basic event is obtained.

The results of the analysis conducted with "Decrease in MGT Margin Engine Arrius 2R" as the Top Event on the Bell 505 Jet Ranger X helicopter with registration code PK-WSA in the period March 2022 to July 2022 at PT. Whitesky Aviation based on AFML (Aircraft Flight Maintenance Log) data, Interview with Bell 505 Engineer and Troubleshooting Manual Engine Arrius 2R using the Fault Tree Analysis method obtained, 13 intermediate events using the logic gate "OR" and 9 basic events that cause a decrease in MGT margin on the Arrius 2R Engine are Broken Packing Seal, Fuel Contamination, Issues With the Fuel Filter, Environmental Conditions, Filter Damage, Filter Deterioration, Un Tight Screw, IBF Rarely Cleaned, Not Familiar Maintenance Manual.

Keywords: *MGT Margin, Fault Tree Analysis, Decrease Engine Performance, Arrius 2R.*

¹Email Address: 190202059@students.sttkd.ac.id
Received 24 Februari 2023, Available Online 30 Juli 2023

Pendahuluan

Industri penerbangan telah memulihkan diri setelah pandemi secara bertahap, sehingga maskapai penerbangan telah kembali mengoperasikan armada dengan percaya diri. Penggunaan transportasi umum, termasuk pesawat terbang, juga kembali meningkat. Dalam dunia penerbangan, tidak hanya terfokus pada pesawat sayap tetap, tetapi juga pada pesawat sayap putar seperti helikopter yang banyak dioperasikan oleh maskapai penerbangan untuk taksi udara atau *charter*.

Helikopter adalah pesawat terbang yang menggunakan sayap atau *rotor* berputar untuk memberikan daya angkat, tenaga penggerak dan kendali. Contoh helikopter yang digunakan di dunia adalah Bell 505. Bell 505 adalah helikopter generasi terbaru bermesin tunggal ringan, dilengkapi dengan *engine turboshaft* Arrius 2R dan kontrol *engine Full Authority Digital Engine Control (FADEC)*. Helikopter ini juga dilengkapi saluran ganda pertama dikelasnya, yang memberikan kinerja luar biasa dan kecepatan jelajah maksimum yang optimal. (Waskito, 2018)

Dalam proses perawatan pesawat dikenal dua metode perawatan yaitu perawatan terjadwal dan perawatan tidak terjadwal. Perawatan terjadwal adalah jenis perawatan yang dilakukan pada waktu – waktu tertentu sesuai dengan standar perawatan yang telah ditetapkan. Sementara itu, apabila timbul masalah pada pesawat, dilakukannya perawatan tidak terjadwal. Pada Bell 505, salah satu kegiatan yang dilakukan selama perawatan adalah inspeksi. Kegiatan ini bertujuan untuk mencegah kerusakan dan menjamin keselamatan dan keamanan. (Cahyadi, 2022)

Bell menerapkan metodologi *Maintenance Steering Group – 3rd Task Force (MSG-3)* dalam merancang program pemeliharaan terjadwal untuk Bell 505. Terdapat inspeksi terjadwal yang disebut *25 flight hours*. Inspeksi ini dilakukan untuk memeriksa performa *engine* pada *engine* helikopter yang dilakukan secara berkala.

Kinerja Bell 505 dipengaruhi oleh kondisi *engine*, *engine* yang kinerjanya baik dapat digunakan dalam fungsi sesuai jadwalnya. Namun, pada Bell 505 terdapat permasalahan dimana margin *Measured Gas Temperature (MGT)* mengalami penurunan hingga mendekati nilai nol saat dilakukan *Power Assurance Check (PAC)*, yang dapat menurunkan kinerja gas turbin. Oleh karena itu, tujuan pada penelitian ini ialah untuk mengetahui penyebab penurunan margin MGT pada *engine* Arrius 2R helikopter Bell 505 agar tidak terjadi lagi permasalahan yang sama.

Tinjauan Pustaka

Power Assurance Check

Power assurance adalah sistem yang dirancang untuk memastikan performa *engine* helikopter yang optimal. *Power assurance* merupakan bagian dari *maintenance program* Bell 505 dan Turbomeca merekomendasikan pelaksanaan *power assurance* setiap *25 flight hours*. Pelaksanaan *power assurance* secara rutin penting untuk memastikan *engine* Arrius 2R dapat menghasilkan daya sesuai buku pedoman.

Berdasarkan *flight manual* Bell 505 (Textron, 2022), dalam pelaksanaan *power assurance* terdapat dua parameter yang harus dicatat, yaitu *Measured Gas Temperature (MGT)* dan *Gas Producer (Ng)*, yang kemudian digunakan untuk menghitung margin dan menentukan kinerja *engine* helikopter. Menghitung margin MGT dan Ng pada Bell 505 masih dilakukan secara manual menggunakan chart yang disediakan Bell Textron karena belum adanya *automatically system* untuk menghitung margin MGT dan Ng pada Bell 505. Pada penelitian ini hanya memfokuskan pada margin MGT karena terjadinya penurunan nilai margin MGT yang mengakibatkan penurunan kinerja dari *engine* Arrius 2R. Rumus menghitung nilai margin MGT.

$$\text{Margin MGT} : \text{Maximum allowable MGT} - \text{Indicated MGT}$$

Measured Gas Temperature (MGT)

Measured Gas Temperature (MGT) adalah parameter penting yang digunakan untuk mengukur kinerja *engine* dan menentukan batas kondisi pengoperasian yang aman. Pada Arrius 2R, pengukuran MGT dalam derajat *Celcius* dilakukan menggunakan satu rangkaian kabel yang terdiri dari empat termokopel ganda.

Termokopel Probes

Termokopel merupakan sensor suhu yang digunakan untuk melakukan pengukuran suhu. Termokopel berjenis *chromel-alumel* yang diposisikan pada aliran *outlet turbin generator gas* pada *engine* helikopter untuk mengukur suhu gas dengan akurasi yang tinggi. Empat termokopel probe terhubung ke *junction box* yang terhubung ke saluran EECU untuk mentransmisikan suhu gas ke kokpit. Termokopel probe dihubungkan secara paralel dan menghasilkan pembacaan suhu rata – rata. (Textron, 2021)

Fault Tree Analysis

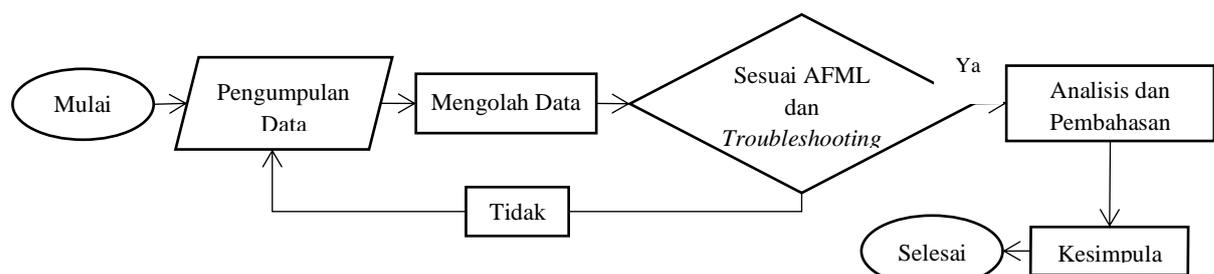
Fault Tree Analysis (FTA) adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang menyebabkan kegagalan sistem. FTA menjadi pendekatan yang efektif untuk sampai ke akar masalah, dengan memastikan kejadian tak terduga tidak berasal dari satu titik kegagalan. FTA menggunakan gerbang logika yaitu gerbang AND dan gerbang OR untuk menggambarkan keadaan komponen sistem (*basic event*) dan hubungan antara *basic event* dan *top event*. (Putro, 2020)

Pendekatan FTA berlanjut dengan pendekatan *top-down*, dimulai dengan kegagalan peristiwa tingkat atas (*top event*), kemudian merinci hingga kegagalan dasar (*root cause*). Setelah mengidentifikasi *top event*, identifikasi peristiwa yang secara langsung berkontribusi pada *top event* dan hubungkan *top event* menggunakan gerbang logika. Gerbang AND dan OR digunakan untuk menggambarkan kondisi yang memicu penyebab penurunan. (Sanfardizal, 2018)

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *fault tree analysis* berupa data yang didapat dari *Aircraft Flight Maintenance Log (AFML)*, *Troubleshooting Manual Engine Arrius 2R* dan wawancara dengan *Engineer Bell 505* di PT. Whitesky Aviation yang selanjutnya dianalisis hingga memperoleh *basic event*. Dalam melakukan penelitian ini, analisis dilakukan untuk mengevaluasi dan mengetahui faktor penyebab terjadinya penurunan margin MGT pada *engine Arrius 2R Bell 505 PK-WSA*.

Sebelum melakukan analisis, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan pengumpulan data yang nantinya data tersebut sangat berguna untuk melakukan penggambaran model grafis *fault tree*. Data yang didapatkan berupa nilai margin MGT, kerusakan yang terjadi, pergantian *sparepart*, wawancara dengan *Engineer Bell 505* dan *maintenance* yang dilakukan menyangkut tentang penurunan margin MGT selama periode Maret hingga Juli 2022. Selanjutnya melakukan penggambaran konstruksi FTA berdasarkan data yang telah diperoleh untuk dianalisis hingga dapat menentukan *minimum cut set*.

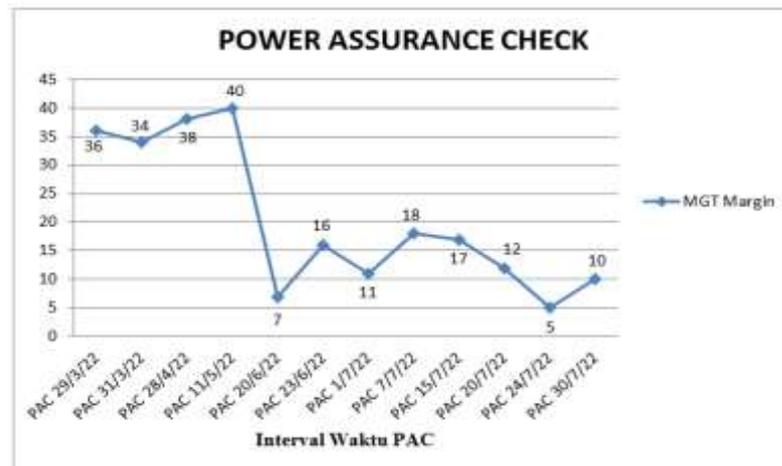


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian yang Dilakukan

Hasil dan Pembahasan

Deteksi Dini Terjadi Penurunan

Penurunan margin MGT pada *engine* Arrius 2R helikopter Bell 505 ditemukan pada saat *Schedule Inspection Power Assurance Check*. Hal ini berimplikasi serius dan diperlukannya analisis mendalam serta tindakan korektif yang tepat untuk mencegah kerusakan *engine* dan dapat membahayakan pengguna dan lingkungan sekitar. Berdasarkan AFML Bell 505 PK-WSA pada tanggal 31/05/22 – 11/06/22 menunjukkan penurunan yang sangat signifikan terhadap nilai margin MGT dari +40 menjadi +7. Penyebab penurunan ini perlu di investigasi lebih lanjut untuk mengidentifikasi dan mencegah kejadian yang sama di masa mendatang.



Gambar 2. Power Assurance Check
Sumber : Aircraft Flight Maintenance Log

Identifikasi Faktor Penyebab Penurunan

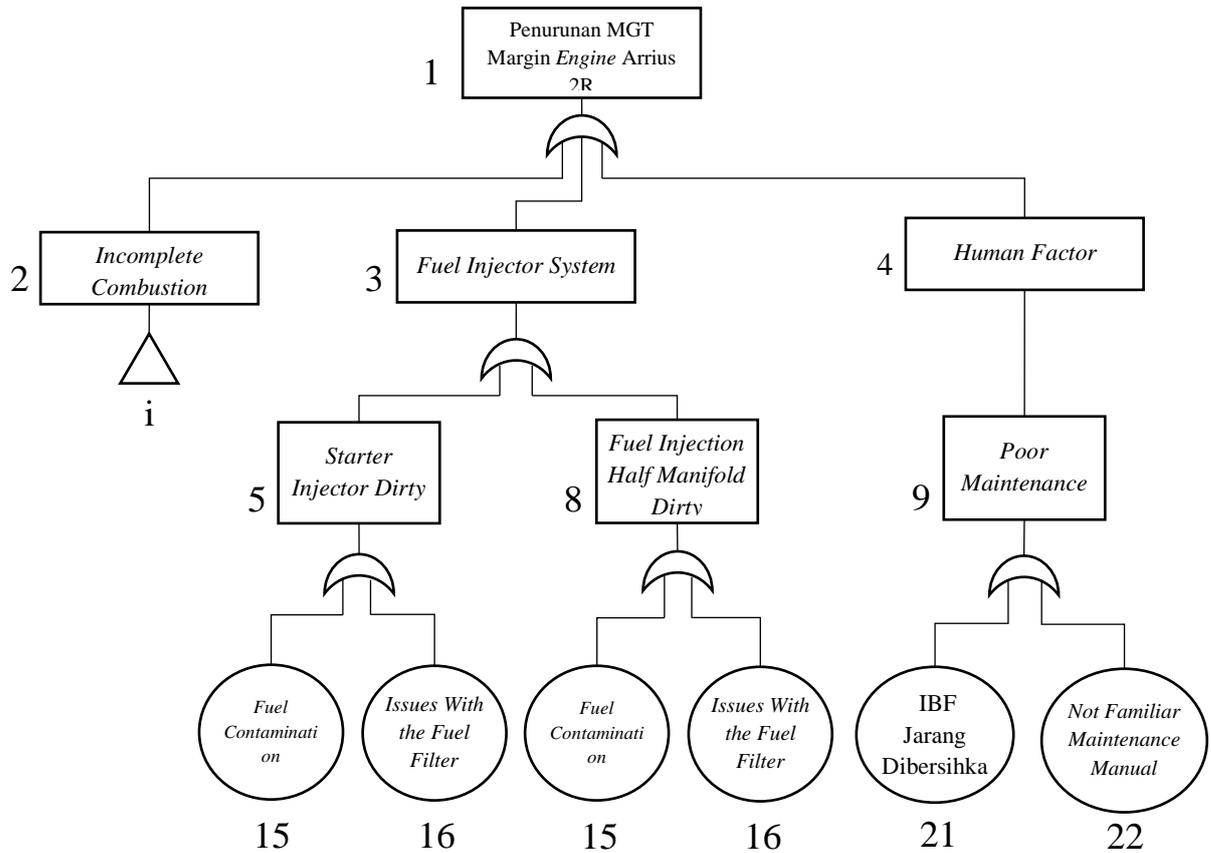
Tujuan dari analisis FTA untuk menentukan penyebab penurunan margin MGT Bell 505. *Top event* perlu diidentifikasi sebagai masalah utama yang terjadi. Data yang digunakan berdasarkan AFML (*Aircraft Flight Maintenance Log*), wawancara dengan *Engineer* Bell 505 dan *Troubleshooting Manual Engine* Arrius 2R dari Maret 2022 – Juli 2022. *Top event* yang dianalisis dalam kontruksi FTA adalah Penurunan MGT Margin *Engine* Arrius 2R.

Penggambaran dan Pembahasan Kontruksi FTA

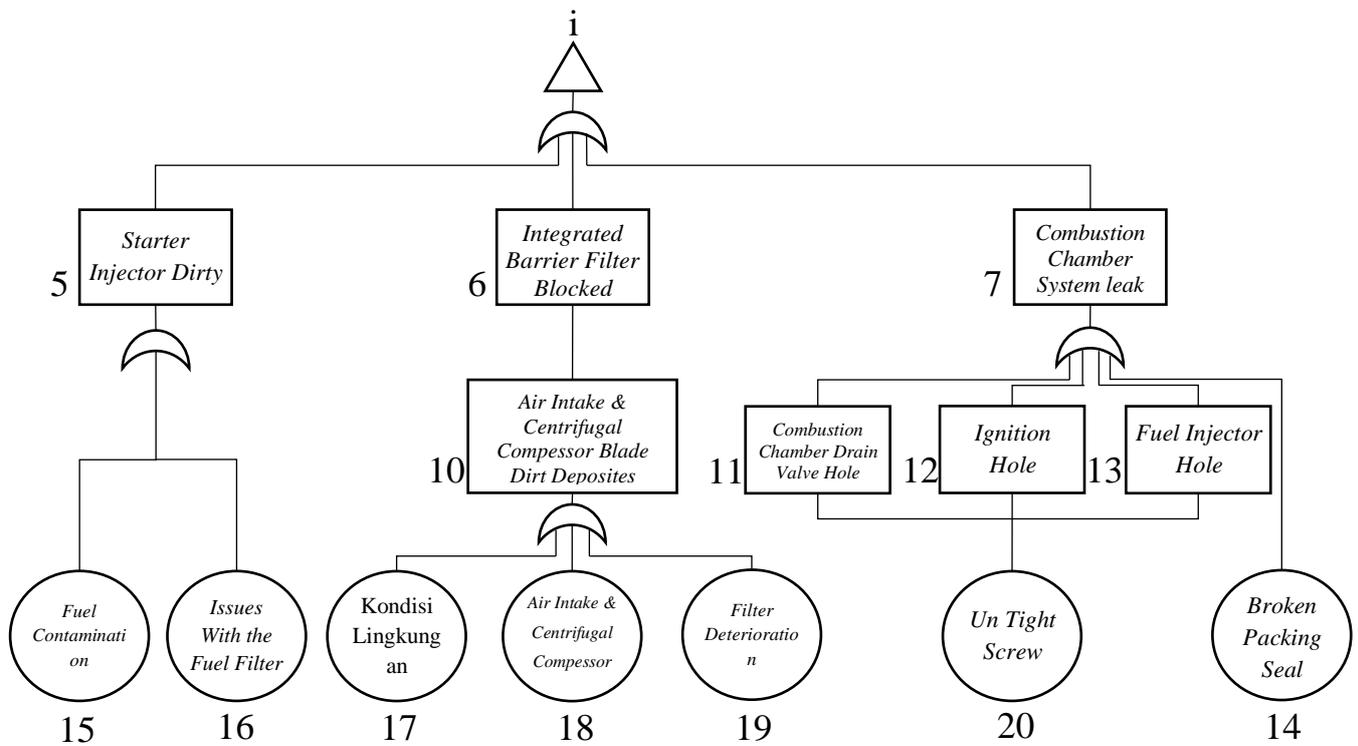
Setelah mengidentifikasi *top event*, selanjutnya menyusun dan menganalisis kontruksi FTA untuk mendapatkan kontruksi FTA yang lebih mendasar. Adapun langkah dalam membuat FTA. (Clemens, 2002)

- Menentukan *top event*
- Mengidentifikasi *intermediate event* tingkat pertama yang terkait dengan *top event*
- Menggunakan gerbang logika untuk menentukan hubungan antara *intermediate event* dan *top event*
- Mengidentifikasi *intermediate event* tingkat kedua
- Menggunakan gerbang logika untuk menentukan hubungan antara *intermediate event* tingkat kedua dan *intermediate event* tingkat pertama
- Melanjutkan sampai *basic event*

Gambar Kontruksi FTA “Penurunan MGT Margin *Engine* Arrius 2R” dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3.FTA Top Event Penurunan MGT Margin Engine Arrius 2R



Gambar 4.FTA Intermediate Event Incomplete Combustion

Menentukan *Minimum Cut Set*

Setelah membuat kontruksi FTA, *fault tree* yang disusun dapat di representasikan dalam bentuk persamaan matematis aljabar boolean untuk memperoleh *minimum cut set* (MCS).

$$\begin{aligned}
 \text{Top Event (1)} &= 2 + 3 + 4 \\
 &= [5 + 6 + 7] + [5 + 8] + [9] \\
 &= [(15 + 16) + [10] + [11 + 12 + 13 + (14)]] + [(15 + 16) + (15 + 16)] + [(21 + 22)] \\
 &= [(15 + 16) + (17 + 18 + 19) + (20 + 14)] + [(15 + 16) + (15 + 16)] + [(21 + 22)] \\
 &= 14 + 15 + 16 + 17 + 18 + 19 + 20 + 21 + 22
 \end{aligned}$$

Dari hasil penentuan *minimum cut set*, dapat disimpulkan bahwasannya terdapat 9 *basic event* yang menjadi penyebab penurunan margin MGT pada *engine* Arrius 2R helikopter Bell 505 Jet Ranger X pada periode Maret 2022 hingga Juli 2022. Berikut merupakan *basic event* yang menjadi penyebab penurunan margin MGT.

- | | |
|---|---|
| 1. Kode 14 = <i>Broken Packing Seal</i> | 6. Kode 19 = <i>Filter Deterioration</i> |
| 2. Kode 15 = <i>Fuel Contamination</i> | 7. Kode 20 = <i>Un Tight Screw</i> |
| 3. Kode 16 = <i>Issues With the Fuel Filter</i> | 8. Kode 21 = <i>IBF Jarang Dibersihkan</i> |
| 4. Kode 17 = <i>Kondisi Lingkungan</i> | 9. Kode 22 = <i>Not Familiar Maintenance Manual</i> |
| 5. Kode 18 = <i>Filter Damage</i> | |

Kesimpulan

Hasil analisis terhadap faktor penyebab penurunan margin MGT pada *engine* Arrius 2R helikopter Bell 505 Jet Ranger X dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan AFML Bell 505 PK-WSA pada tanggal 31/05/22 – 11/06/22 yang menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai margin MGT yang sangat signifikan dari +40 menjadi +7.
2. Dengan menggunakan metode *fault tree analysis*, didapatkan 13 *intermediate event* dengan menggunakan gerbang logika “OR” serta 9 *basic event* yang menjadi penyebab penurunan margin MGT pada *engine* Arius 2R, yakni *Broken Packing Seal*, *Fuel Contamination*, *Issues With the Fuel Filter*, *Kondisi Lingkungan*, *Filter Damage*, *Filter Deterioration*, *Un Tight Screw*, *IBF Jarang Dibersihkan*, *Not F amiliar Maintenance Manual*.
3. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya menggunakan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dimana data *engine* dianalisa untuk bisa menentukan beberapa penyebab kerusakan pada *engine*.

Daftar Pustaka

- Cahyadi, A.N. (2022) *Analisis Applicability & Prosedur Pelaksanaan Alert Service Bulletin (ASB) 429-11-03 REV.A Mengenai Inspection Main Rotor Pitch Link Rod End Bearing Pada Helicopter Bell 429 (PK-WSW)*.
- Clemens, P.L. (2002) ‘Fault Tree Analysis Fourth Edition’, in *Jacobs Sverdrup*.
- Putro, C.C. (2020) *Penyebab Kegagalan Pada Hydraulic Power System Helikopter Sikorsky S76 C++ Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Studi Kasus di PT. Pelita Air Service)*. Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto.
- Sanfardizal, M.R. (2018) *Analisis Penyebab Kegagalan Secondary Flight Control System Pada Pesawat Bombardier CRJ-1000 Menggunakan Metode Fault Tree Analysis*.
- Textron, B.H. (2021) *MANUFACTURER’S DATA BELL 505*.
- Textron, B.H. (2022) *FLIGHT MANUAL*.
- Waskito, R. (2018) *Fuel System Pada Helicopter Bell 505 Arrius Jet Ranger X Arrius 2R*. Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan.