



**FMEA DAN FISHBONE ANALYSIS UNTUK MENGETAHUI RISIKO KERUSAKAN
KOMPONEN FLIGHT CONTROL SYSTEM PENYEBAB AIRCRAFT VIBRATION HELIKOPTER
BELL-412 TNI AL**

***FMEA and Fishbone Analysis to Determine The Risk of Flight Control System
Components Defect Doe to Aircraft Vibration on the Indonesian Navy Helicopter
BELL-412***

DIAN SUPIANDI¹, HENDRO YUSWORO HARYONO², CHRISTIAN TOBING³
Sekolah Staff Dan Komando TNI Angkatan Laut

ABSTRAK. Pusat Penerbangan TNI Angkatan Laut (Puspenerbal) adalah Badan Pelaksana Pusat (Balakpus) TNI AL, yang bertugas membina kekuatan penerbangan TNI Angkatan Laut. Helikopter NBell-412 merupakan salah satu dari unsur pesud yang dimiliki oleh TNI Angkatan Laut yang memiliki fungsi sebagai Helikopter Serbaguna (*Helicopter Utility*), heli ini berperan aktif dalam setiap misi penugasan guna mendukung tugas pokok TNI Angkatan Laut. *Aircraft Vibration* merupakan salah satu kegagalan (*failure*) pada suatu sistem atau komponen yang merupakan salah satu penghambat kesiapan operasi udara helikopter NBell-412. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor penyebab kerusakan pada komponen *flight control system* sebagai penyebab signifikan terjadinya *failure aircraft vibration* pada helikopter Bell-412 TNI AL. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk menentukan tingkat risiko dari risiko-risiko yang telah diidentifikasi dan *fishbone analysis* untuk menggambarkan penyebab dan akibat dari risiko serta tindakan untuk melakukan pencegahan maupun pemulihan terhadap risiko kegagalan yang menyebabkan permasalahan *Aircraft Vibration*, dengan menggunakan kedua metode tersebut didapatkan hasil nilai *risk priority number (RPN)* komponen dan beberapa penyebab *failure aircraft vibration*.

Kata kunci: *FMEA, Fishbone Analysis, Risiko.*

ABSTRACT: *The Naval aviation center is the executive central body of the Indonesian navy, which served in managing the power of the flight navy. Helicopter Bell-412 is one of the Aircraft owned by the Indonesian navy functions as a helicopter versatile, the aircraft is actively involved in every mission to support the main task of the navy. Aircraft vibration is one of failure on a system or component that impedes the readiness of the helicopter Bell-412 air operations. This research aims to determine the flight control defect as significant factors doe to aircraft vibration failure on the indonesian navy Bell-412 helicopter. Methods used in this research is failure mode and effect analysis (FMEA) to determine the level of the risk from identified risks and fishbone analysis to describe the cause and effect of risks and action to take special precautions, as well as a remedy for the risk of failure that caused problems aircraft vibration, by using failure mode and effect analysis (FMEA) methodology, can be determined the risks that have value risk priority number (RPN) and causing factors doe to failure aircraft vibration.*

Keywords: *FMEA, Fishbone Analysis, Risiko.*

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang berdaulat dituntut untuk memiliki kekuatan berupa Alutsista yang memadai sebagai instrumen utama dalam menjaga kedaulatan teritorial serta mengamankan kepentingan nasional dari berbagai ancaman, tantangan, hambatan dan gangguan baik dari dalam maupun luar negeri. Dibutuhkan pembangunan postur pertahanan untuk menjaga kedaulatan wilayah Negara Republik Indonesia, dan secara bertahap telah dilaksanakan pengadaan beberapa alat peralatan pertahanan dan keamanan (Alpalhankam) oleh pemerintah, diantaranya pembelian beberapa jenis pesawat udara (Pesud) untuk TNI Angkatan Laut (TNI AL) baik *Fixed Wing* maupun *Rotary Wing* yang disesuaikan untuk misi OMP (Operasi Misi Perang) dan OMSP (Operasi Misi Selain Perang). Pusat Penerbangan TNI Angkatan Laut (Puspenerbal) adalah Badan Pelaksana Pusat (Balakpus) TNI AL, yang bertugas membina kekuatan penerbangan TNI Angkatan Laut yang meliputi pengintaian udara taktis, anti kapal selam, anti kapal permukaan, pendaratan pasrat lintas helikopter, pengamatan laut terbatas serta menyelenggarakan fungsi dukungan pesawat udara, pembinaan materiel dan personel Penerbangan TNI Angkatan Laut sebagai sub Sistem Senjata Armada Terpadu

(SSAT) dalam rangka penegakkan kedaulatan dan hukum di laut (Perkasal, 2009).

Helikopter NBell-412 merupakan salah satu dari unsur pesud yang dimiliki oleh TNI Angkatan Laut yang memiliki fungsi sebagai Helikopter Serbaguna (*Helicopter Utility*), heli ini berperan aktif dalam setiap misi penugasan guna mendukung tugas pokok TNI Angkatan Laut. Peran aktif helikopter NBell-412 dalam setiap misi operasi udara dengan dinamika medan dan cuaca menyebabkan penurunan performa pada sistem maupun komponen-komponen utama dan pendukungnya. Kegagalan (*failure*) pada suatu sistem atau komponen merupakan salah satu penghambat kesiapan operasi udara helikopter NBell-412 karena harus dilaksanakan kegiatan pemeliharaan dan perbaikan. *Aircraft Vibration* merupakan salah satu *failure* atau kegagalan pada *flight control system* komponen yang sering terjadi pada pesawat udara jenis helikopter salah satunya yaitu helikopter Bell-412 TNI AL karena pada helikopter Bell-412 dan umumnya pada seluruh type helikopter terdapat *rotor blade system* yang membutuhkan putaran *rotor blade* yang memiliki tingkat ukuran vibrasi yang kecil dengan satuan IPS (*Inch Per Second*). Kegagalan pada suatu system dapat diakibatkan oleh beberapa faktor penyebab dari mulai metode yang digunakan dalam operasional maupun metode pemeliharaan serta

akibat dari *fatigue material* serta kegagalan akibat *human error*. Kegagalan pada system helikopter Bell-412 TNI AL (*Aircraft Vibration*) dapat mengganggu kesiapan unsur operasi penerbangan dalam rangka mendukung penugasan TNI Angkatan Laut.

Pada penelitian ini dilakukan analisis risiko kerusakan pada setiap komponen *flight control system* yang mempengaruhi putaran *rotor blade* tidak *balance*. Analisis risiko disini merupakan sebuah analisis untuk mengidentifikasi risiko serta penyebab dan dampak risiko dari komponen-komponen *flight control system* yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada helikopter Bell-412 berupa *Aircraft vibration*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk menentukan tingkat risiko dari risiko-risiko yang telah diidentifikasi dan *fishbone analysis* untuk menggambar penyebab dan akibat dari risiko serta tindakan untuk melakukan pencegahan maupun pemulihan terhadap risiko. Pada akhir penelitian diharapkan dapat diketahui risiko apa saja yang berpengaruh besar terhadap terjadinya kegagalan atau *failure* yang menyebabkan terjadinya *aircraft vibration* sehingga dapat dilakukan strategi-strategi untuk menanggulangi risiko kegagalan *aircraft vibration* pada helikopter Bell-412 TNI AL.

METODE

Risiko

Risiko memiliki beberapa pengertian baik menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) maupun para ahli. Risiko menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia merupakan akibat yang kurang menyenangkan (merugikan, membahayakan). Sedangkan pengertian Risiko menurut Arthur J. Keown (2000) risiko merupakan prospek suatu hasil yang yang tidak disukai (operasional sebagai deviasi standar). Hanafi (2000) bahwa risiko adalah besarnya penyimpangan hasil (*return*) yang diperoleh dari rencana hasil (*return*) yang diharapkan. Definisi risiko lainnya adalah dampak negatif dari aktivitas yang rentan, dengan mempertimbangkan probabilitas dan dampak dari kemunculan risiko tersebut (Stoneburner, Goguen, & Feringa, 2002). Selain itu, risiko merupakan kesempatan terjadinya kerugian. *Change of loss* berkaitan dengan suatu *exposure* (keterbukaan) terhadap kemungkinan kerugian (Voughan 1978).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan salah satu program peningkatan dan pengendalian kualitas yang dapat mencegah terjadi kegagalan dalam suatu produk atau proses. FMEA adalah sekumpulan petunjuk, sebuah proses, dan *form* untuk mengidentifikasi dan mendahulukan masalah-masalah potensial (kegagalan) Bongiorno, 2001. FMEA dapat

digunakan dalam melaksanakan identifikasi terhadap risiko kegagalan yang potensial untuk sebuah produk atau proses.

Secara garis besar dapat meliputi beberapa langkah secara sistematis yang dapat dilaksanakan (Modarres, M, 1999):

1. Menentukan *Severity*, merupakan Identifikasi potensi kegagalan (keseriusan permasalahan/tingkat keparahan) pada setiap proses.
2. Menentukan *Occurrence*, merupakan Identifikasi skala probabilitas terjadinya kegagalan suatu permasalahan terjadi.
3. Menentukan *Detection*, merupakan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari masalah akan di deteksi sebelum sampai ketangan pengguna akhir atau konsumen.

Setelah pemberian rating dilakukan, selanjutnya menghitung RPN (*Risk Priority Number*) = *Severity x Occurrence x Detection*.

Fishbone Analysis

Fishbone analysis atau sering juga disebut *Cause Effect Diagram* merupakan sebuah metode yang digunakan dalam membantu memecahkan permasalahan dengan metode analisis sebab dan akibat dari suatu kondisi atau keadaan dalam sebuah diagram yang terlihat seperti tulang ikan. *fishbone diagram* dapat membantu dalam menemukan suatu akar atau penyebab

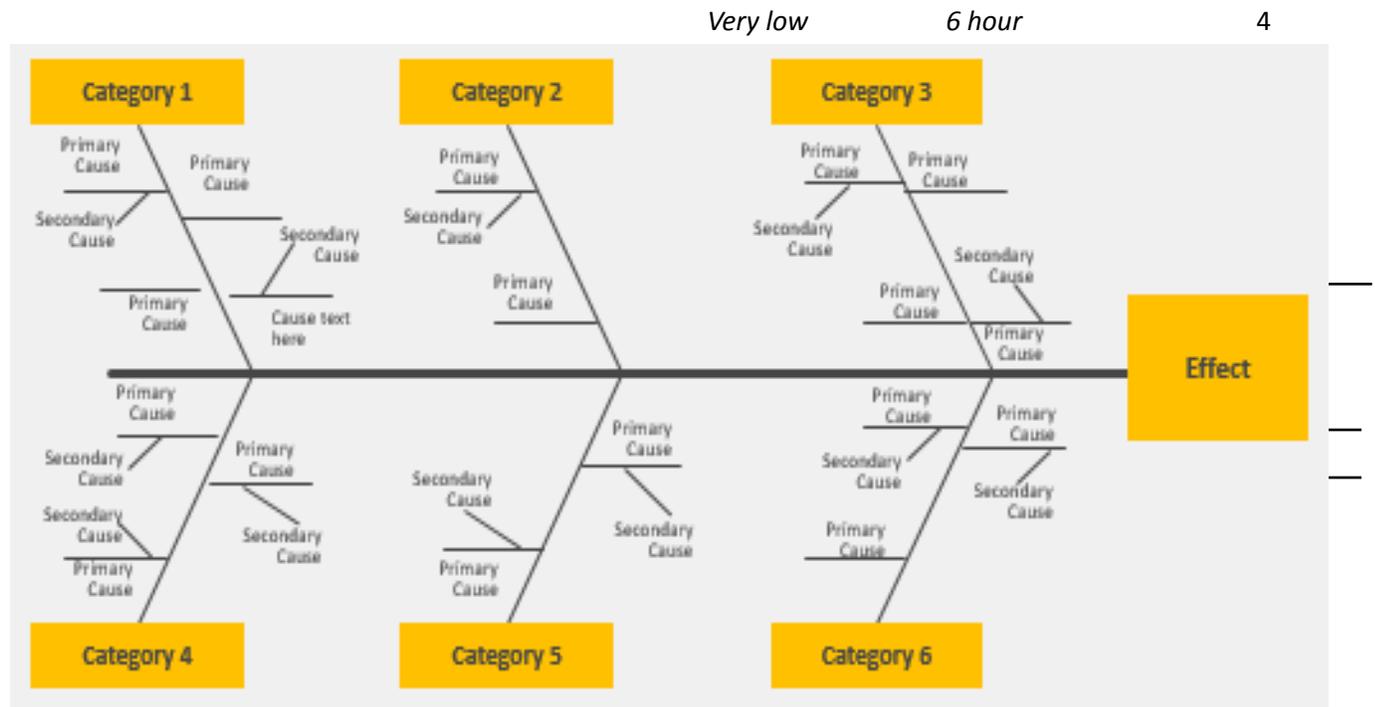
permasalahan dari suatu kegagalan/*failure* baik pada suatu system kerja mesin ataupun manajemen kerja, yang dilaksanakan dalam *fishbone diagram* mengetahui berbagai penyebab yang potensial dari suatu efek atau permasalahan dan menganalisis permasalahan tersebut pada fase *brainstorming* (Kusnaldi, Aris 2011).

Diagram ini dapat dibangun mulai dari penentuan input dan output sebagai penyebab (*cause*) dan akibat (*effect*). Input dari *fishbone analysis* adalah adanya beberapa pemahaman penyebab permasalahan (*cause*) yang terdiri dari *main cause* dan *level cause* yang digambarkan dalam diagram sebagai tulang ikan. *Output* dari *fishbone analysis* berupa sebuah pernyataan permasalahan (*problem statement*). Pernyataan permasalahan yang ini diinterpretasikan sebagai akibat/*effect*, secara visual dalam *fishbone analysis* digambarkan sebagai kepala ikan.

Penelitian dilakukan dengan mengambil data-data kegagalan *aircraft vibration* yang telah terjadi serta data kerusakan komponen-komponen helikopter Bell-412 TNI AL. Diskusi dilakukan bersama pelaksana operasional dan pemeliharaan di lingkungan Pusat Penerbangan TNI AL agar lebih mendalami kegiatan operasional penerbangan serta pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan yang dilaksanakan dalam mengatasi terjadinya kegagalan/*failure aircraft vibration* pada helikopter Bell-412 TNI AL. Setelah mengetahui secara detail kegiatan operasional dan

pemeliharaan Bell-412, dilaksanakan analisis menggunakan metode FMEA berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Modarres, M (1999). Langkah awal yang dilakukan pada metode FMEA adalah dengan mengidentifikasi potensi kegagalan (keseriusan/keparahan permasalahan) yang mungkin terjadi dari setiap tahapan proses (*Severity*). Langkah kedua adalah menentukan Identifikasi skala keseringan atau probabilitas suatu permasalahan terjadi (*Occurance*). Langkah

ketiga menentukan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari masalah akan di deteksi yang selanjutnya menentukan RPN yang merupakan Nilai Risiko Prioritas.



Gambar 1. Contoh *Fishbone Analysis* (Ishikawa)

Tabel 1.
Penilaian tingkat keparahan (*Severity*)

<i>Effect of Severity</i>	<i>Serv. Duration Affected</i>	<i>Score</i>
<i>Almost nil</i>	<i><1 hour</i>	1
<i>Very rare</i>	<i>2 hour</i>	2
<i>Rare</i>	<i>4 hour</i>	3

<i>Moderate high</i>	<i>Once every 5-6 month</i>	7
<i>High</i>	<i>Once every 3-4 month</i>	8
<i>Very high</i>	<i>Once every 1-2 month</i>	9
<i>Extremly high</i>	<i>Less than 1 month</i>	10

Tabel 3.
Penilaian Deteksi Risiko (*Detection*)

<i>Effect of Severity</i>	<i>Serv. Duration Affected</i>	<i>Score</i>
<i>Immediate</i>	<i><10</i>	1
<i>Best</i>	<i>10 to 20</i>	2
<i>Better</i>	<i>21 to 30</i>	3
<i>Good</i>	<i>31 to 40</i>	4
<i>Easy</i>	<i>41 to 50</i>	5
<i>Occasional</i>	<i>51 to 60</i>	6
<i>Late</i>	<i>61 to 70</i>	7
<i>Difficult</i>	<i>71 to 80</i>	8
<i>Very Difficult</i>	<i>81 to 90</i>	9
<i>Impossible</i>	<i>91 to 100</i>	10

Pemberian nilai kemungkinan tingkat risiko keparahan (*Severity*) terjadi berdasarkan Tabel 1, nilai probabilitas risiko (*Occurrence*) akan diberikan berdasarkan Tabel 2, dan nilai deteksi risiko (*Detection*) akan diberikan berdasarkan Tabel 3.

Langkah ketiga menentukan nilai RPN (*Risk Priority Number*) dan nilai kritis RPN menggunakan persamaan (1). Langkah keempat menentukan nilai skor risiko dengan persamaan

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (1)$$

Langkah kelima, dari hasil skor prioritas risiko didapatkan nilai terbesar berurutan sebagai prioritas risiko terjadi kegagalan akibat kerusakan dari komponen-komponen tersebut. Langkah selanjutnya menentukan rencana untuk menanggulangi risiko.

Untuk menanggulangi risiko digunakan metode *fishbone analysis*. Dengan data yang

diperoleh dengan pengolahan data menggunakan Teknik FMEA berupa risiko kerusakan komponen yang telah diurutkan sesuai dengan nilai RPN, langkah analisis berikutnya dapat dilakukan dengan menggunakan *fishbone analysis*. Langkah yang diperlukan untuk melakukan *fishbone analysis* adalah:

1. Menentukan dan menyepakati pernyataan masalah (*problem statement*) yang diinterpretasikan sebagai *effect*.
2. Mengidentifikasi kategori-kategori, kategori sebab utama mengorganisasikan sebab sehingga masuk akal dengan situasi penyebab permasalahan.
3. Menemukan sebab-sebab potensial dengan cara *brainstorming*.
4. Mengkaji dan menyepakati sebab-sebab yang paling mungkin dengan melingkari sebab-sebab yang paling mungkin pada fishbone diagram.
5. Membuat table rangkuman sesi *brainstorming fishbone diagram* sehingga dapat ditemukan akar permasalahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Setelah dilakukan pengambilan data kerusakan komponen dari data laporan kerusakan komponen (Puspenerbal, 2016-2021), diperoleh 11 kerusakan komponen *flight control system* yang

memungkinkan terjadinya kegagalan/*failure Aircraft vibration*. Identifikasi risiko kerusakan komponen dilakukan dengan memisahkan data kerusakan komponen berdasarkan klasifikasi type pesawat serta jenis komponen, dari total laporan kerusakan komponen sebanyak 164 komponen yang diambil dari data laporan dalam kurun waktu 5 tahun terdapat 11 komponen yang memungkinkan menjadi risiko kerusakan kegagalan *aircraft vibration*. Dalam pembahasan FEMA akan dibahas salah satu penyebab (*cause*) yaitu *material*. Dalam kegiatan tersebut diperoleh 11 material atau komponen yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.
Risiko Pada Kegiatan Material

No. ID	Risiko Kerusakan Material
1	<i>Main Rotor Blade Unbalance</i>
2	<i>Spindle Assy Bushing Attachment</i>
3	<i>Yoke Assy Deformation</i>
4	<i>Rod End Pitch Link Play</i>
5	<i>Pitch Link Tube Lose Thread&Corrosion</i>
6	<i>Drive Link Bushing Attachment</i>
7	<i>Pivot Bearing Rubber Separation</i>
8	<i>Swash Plate Crack</i>
9	<i>Swash Plate Support Crack</i>
10	<i>Cone Assy Separation</i>
11	<i>Main Rotor Bolt (Main&Expandable) Corrosion</i>

Diskusi dilakukan dengan personel pelaksana operasional maupun pelaksana

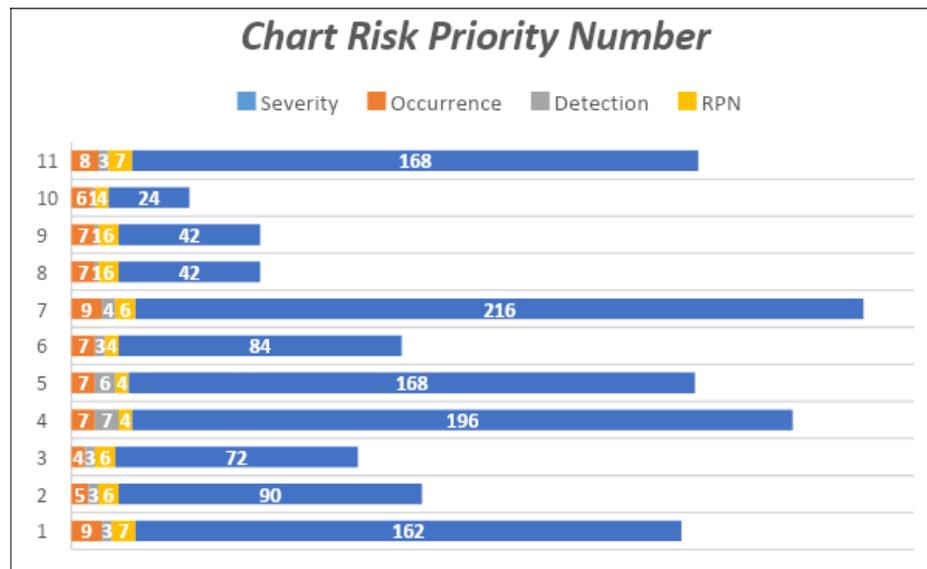
pekerjaan pemeliharaan helikopter Bell-412 untuk menentukan nilai pada kemungkinan, risiko dari kerusakan komponen sebagai penyebab kegagalan/*failure Aircraft vibration* untuk menentukan nilai pada tingkat keparahan, probabilitas dan deteksi sehingga diperoleh nilai RPN dan nilai skor risiko dengan menggunakan persamaan (1). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5. Penentuan untuk nilai kritis dilaksanakan dengan cara mengurutkan nilai tertinggi dari Nilai RPN yang didapatkan sebagai skala prioritas kerusakan pada komponen penyebab terjadinya kegagalan/*failure aircraft vibration* pada helikopter Bell-412 TNI AL. Dengan demikian dapat dibentuk chart prosentase prioritas untuk memperjelas skala prioritas kerusakan komponen yang menyebabkan kegagalan *aircraft vibration* pada helikopter Bell-412 TNI AL.

Tabel 5.
Hasil Perhitugan nilai RPN Komponen

No.ID	Keparahan (S)	Probablitas (O)	Deteksi (D)	RPN
1	9	3	7	162
2	5	3	6	90
3	4	3	6	72
4	7	7	4	196
5	7	6	4	168
6	7	3	4	84
7	9	4	6	216
8	7	1	6	42
9	7	1	6	42
10	6	1	4	24
11	8	3	7	168

Pada Gambar 2. Dari gambar *chart* tersebut diperoleh prioritas sebagai perankingan Risk ID kerusakan komponen dari nilai RPN yang

dihasilkan pada perhitungan table (5) dengan menggunakan persamaan (1) yaitu dengan perankingan tingkat risiko diatas nilai 50 sebanyak 8 kerusakan komponen.



Gambar 2. *Chart Diagram* Nomor Prioritas Risiko

Dengan diketahui skala prioritas risiko kerusakan komponen yang mengakibatkan kegagalan/*failure aircraft vibration* berdasarkan nilai RPN dimasukan ke dalam salah satu penyebab (*cause*) pada salah satu *fishbone* atau tulang ikan pada *fishbone analysis* diagram sebagai penyebab dari faktor material. Langkah-langkah yang dilakukan berikutnya dalam membuat *fishbone analysis* adalah menentukan beberapa penyebab lainnya selain dari material

yang telah diklasifikasikn sesuai dengan perankingan melalui perhitungan RPN pada metode FMEA. Pada Gambar 3. Telah dibuat beberapa kemungkinan penyebab yaitu 6 katagori (*Equipment, Process, People, Materia, Environtment dan Management*) serta beberapa *primary cause* sebagai penyebab utama dan *secondary cause* sebagai detail *fishbone* yang merupakan kemungkinan penyebab dari *main cause*. Penyebab dari kategori material telah



diklasifikasikan prioritas risiko 8 jenis kerusakan komponen yang menyebabkan terjadinya kegagalan *aircraft vibration*.

Pada kategori *environment* didapatkan bahwa penyebab yang memungkinkan adalah intensitas helikopter melaksanakan penerbangan atau misi di daerah laut sehingga mengakibatkan beberapa komponen cepat menjadi korosi. Pada kategori *management* didapatkan penyebab yang memungkinkan adalah kurang *updatenya software* pemeliharaan yang digunakan sebagai referensi dalam proses pemeliharaan helikopter Bell-412 TNI AL. Pada kategori *People* (SDM) didapatkan hasil bahwa terdapat dua penyebab yaitu kurangnya regenerasi personel yang memiliki keahlian dalam bidang teknis *track and balance* untuk mengatasi permasalahan *aircraft vibration*. Pada kategori *process* terdapat dua akar penyebab permasalahan yaitu proses analisa menentukan permasalahan pada pelaksanaan *track and balance* proses tidak sesuai *manual book* sehingga sulit untuk mengatasi kegagalan *aircraft vibration* dan yang kedua adalah proses dalam instalasi komponen pengganti yang rusak dalam mengatasi *aircraft vibration* tidak sesuai manual sehingga posisi atau *attachment* komponen tidak sesuai dengan seharusnya yang dapat menyebabkan kegagalan *aircraft vibration*. Pada kategori *Equipment* terdapat satu akar permasalahan yang memungkinkan yaitu kesiapan alat *track and balance* yang kurang memadai sehingga

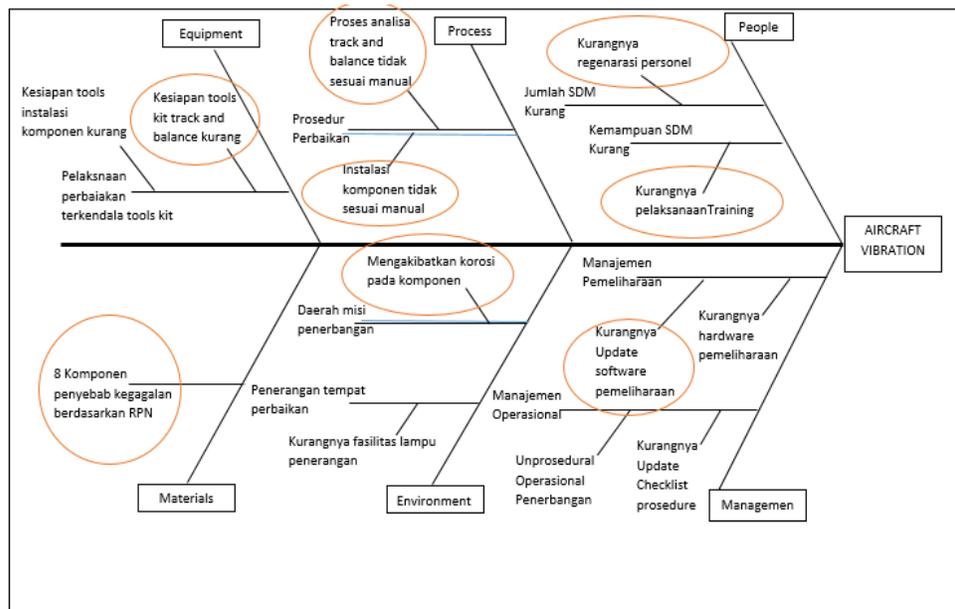
menghambat jalannya perbaikan kegagalan *aircraft vibration*.

Setelah kategori dan akar permasalahan dari masing-masing kategori ditemukan langkah selanjutnya dapat menentukan langkah *preventif* dan *recovery* terhadap risiko-risiko dan penyebab yang memungkinkan terhadap terjadinya *aircraft vibration*. Tindakan *preventif* untuk mengatasi permasalahan pada kategori *material* yaitu terdapatnya kemungkinan 8 jenis kerusakan material Puspenerbal harus mampu menyiapkan suku cadang tersebut sesuai dengan perhitungan dari jumlah helikopter Bell-412 dikalikan dengan tingkat keseringan atau probabilitas terjadinya kerusakan komponen.

Tindakan *preventif* pada kategori *environment* dilaksanakan proteksi *anti corrosion* yang lebih baik lagi dikarenakan misi operasi Bell-412 TNI AL sering melaksanakan penerbangan di atas lautan. Pada kategori *management* untuk mengatasinya harus lebih memperhatikan *updating manual* dari pabrikan dengan cara berlangganan *manufacture update service manual* sebagai tindakan *preventif*. Pada kategori *people* (SDM) yang dimiliki sebagai pelaksana pekerjaan pemeliharaan helikopter Bell-412 harus selalu melaksanakan *training* dan *assessment* secara rutin dan berkala sehingga profesionalitas, pengetahuan dan kemampuan sebagai personel pemeliharaan dan perbaikan selalu terjaga dan

teruji. Tindakan preventif pada katagori *process* dimana terdapat dua akar permasalahan yang ditemukan yaitu proses instalasi komponen pengganti dan proses analisa *track and balance* yang tidak sesuai manual sangat berhubungan dengan katagori *people* (SDM) dan update manual pada katagori *management* yaitu apabila akar permasalahan pada kedua katagori tersebut (*people* dan *management*) dapat diatasi maka akar permasalahan yang terjadi pada katagori *process* dapat mengikuti teratasi. Tindakan preventif pada katagori *equipment* yaitu akar permasalahan

kesiapan *tools kit track and balance* sebagai alat untuk mengukur, menganalisa dan solusi perbaikan *aircraft vibration* maka Puspenerbal harus mampu menyiapkan dengan cara pengadaan baru *tools kit* tersebut atau dengan cara update dan kalibrasi serta perbaikan *tools kit* yang ada saat ini. Dengan demikian penyebab, tindakan preventif dan *recovery* dapat dipetakan dalam *fishbone diagram analysis* seperti pada Gambar 3 dan hasil diskusi (*brain storming*) dari *fishbone analysis* diagram ditunjukkan pada Tabel 6.



Gambar 3. Fishbone Analysis Aircraft Vibration

Terdapat beberapa penyebab terjadinya *kegagalan aircraft vibration* dan hasil yang didapatkan signifikansi terjadinya

kegagalan/failure aircraft vibration diakibatkan oleh katagori material yaitu kerusakan komponen.

Tabel 6.
Hasil *Brainstorming Fishbone Analysis Aircraft Vibration Bell-412 TNI AL*

Possible Root Cause Material	Discussion	Root Cause
1. <i>Main Rotor Blade Unbalance</i>	Kondisi <i>rotor unbalance</i> menyebabkan putaran <i>blade</i> tidak level dan tidak <i>on track</i>	Y
2. <i>Spindle Assy Bushing Attachment</i>	<i>Bushing Attachment spindle</i> menyebabkan pegangan <i>spindle</i> terhadap <i>pivot bearing</i> menyebabkan <i>space separation</i>	Y
3. <i>Yoke Assy Deformation</i>	Terjadinya reposisi <i>attachment</i> mengakibatkan putaran <i>Blade</i> tidak <i>on track</i>	Y
4. <i>Rod End Pitch Link Play</i>	Terjadi sparasi dan <i>delay connection</i> antara <i>pitch link</i> dengan <i>Blade</i>	Y

Lanjutan Tabel 6

Possible Root Cause	Discussion	Root Cause
6. <i>Drive Link Bushing Attachment</i>	<i>Bushing attachment</i> pada <i>Drive link</i> menyebabkan pegangan <i>Bushing</i> terhadap <i>housing Drivelink</i> kurang kuat dapat menyebabkan <i>space separation</i>	Y
7. <i>Pivot Bearing Rubber</i>	Menyebabkan posisi <i>Blade</i> tidak seimbang dan tidak <i>on track</i>	Y
8. <i>Swash Plate Crak</i>	Tidak menyebabkan perbedaan <i>track</i> pada <i>Blade</i>	N
9. <i>Swash Plate Support Crack</i>	Tidak menyebabkan perbedaan <i>track</i> pada <i>Blade</i>	N
10. <i>Cone Assy Separation</i>	Tidak menyebabkan perbedaan <i>track</i> pada <i>Blade</i>	N
11. <i>Main Rotor Bolt Corrothion</i>	Menyebabkan sparasi antara <i>Main Rotor Blade</i> dengan <i>Yoke</i> sebagai pemegang <i>Blade</i>	Y
Environment		
12. Korosi pada Komponen	Misi penerbangan pada daerah <i>saltladen/lautan</i> menyebabkan kondisi material/komponen <i>flight control</i> korosi sehingga mengganggu kontrl dan menyebabkan rotor blade tidak <i>on track</i>	Y

Management			
13. Kurang <i>Update Software</i> Pemeliharaan		Kurang updatenya <i>software</i> pemeliharaan menyebabkan tidak akuratnya ketentuan pengukuran yang dilakukan pada beberapa komponen <i>flight control</i>	Y
People (SDM)			
14. Kurangnya Personel	Regenerasi	Regenerasi personel yang kurang mengakibatkan terhambatnya proses perbaikan <i>aircraft vibration</i> sehingga tindakan preventif dan korektif terhadap permasalahan kegagalan <i>aircraft vibration</i>	Y
15. Kurangnya <i>Training</i>	Pelaksanaan	Tidak adanya pelaksanaan <i>training</i> yang berkelanjutan menyebabkan tenaga pemeliharaan kurang mampu dan teruji dalam melakukan tindakan preventif dan korektif terhadap permasalahan <i>aircraft vibration</i>	Y

Lanjutan Tabel 6

Possible Root Cause Process	Discussion	Root Cause
16. Proses Analisa <i>Track and Balance</i> Tidak Sesuai Manual	Menyebabkan penyelesaian perbaikan sebagai tindakan korektif tidak sesuai dan menyebabkan kegagalan/ <i>failure</i> berulang	Y
17. Proses Instalasi Komponen Pengganti Tidak Sesuai manual	Menyebabkan terjadinya <i>Rotor Blade</i> tidak <i>on track</i>	Y
Equipment		
18. Kesiapan <i>Tools</i> Instalasi Komponen Kurang	<i>Tools</i> Instalasi lengkap	N
19. Kesiapan <i>Tools Kit Track and Balance</i> Kurang	Menyebabkan tindakan korektif dan preventif terhadap kegagalan/ <i>failure</i> terhambat	Y

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat berdasarkan analisis pembahasan pada penelitian yang telah dilaksanakan adalah identifikasi risiko yang digunakan pada penelitian ini menggunakan

sumber data-data kerusakan komponen dan diskusi tentang penyebab dari faktor lainnya selain material yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan/*faliure aircraft vibration* pada helikopter Bell-412 TNI AL. Penilaian risiko kerusakan komponen *flight control system* dan



beberapa penyebab lainnya dilakukan dengan penilaian kemungkinan, dampak dan pendeteksian dari risiko yang telah diidentifikasi pada masing-masing faktor penyebab terjadinya kegagalan/*failure aircraft vibration* pada helikopter Bell-412 TNI AL. Dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dapat ditentukan risiko yang memiliki nilai urutan terbesar nilai *Risk Priority Number (RPN)* pada beberapa kerusakan komponen sebagai risiko potensial penyebab *aircraft vibration*.

Identifikasi beberapa kemungkinan penyebab lain terjadinya *aircraft vibration* pada helikopter Bell-412 TNI AL selain dari faktor kerusakan material, tindakan preventif dan tindakan *recovery* menggunakan metode *fishbone analysis* agar lebih memudahkan untuk diidentifikasi dan dipahami.

DAFTAR PUSTAKA

- Adar, Elanur dkk. 2017. The Risk Analysis By Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) And Fuzzy FMEA Of Supercritical Water Gasification System Used In The Sewage Sludge Treatment. *Journal Of Enviromental Chemical Engineering* 5(1), 1261-1268. Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey.
- Bilsel, R. Ufuk and Lin, Dennis K.J. 2010. "Ishikawa Cause and Effect Diagrams Using Capture Recapture Techniques". *Quality Technology & Quantitative Management (QTQM)* Vol 9 No. 2. 2012: PP 137 – 152.
- Carbone, T. A., & Tippett, D. D. 2004. Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal*, 28-35.
- Coccia Mario. 2018. The Fishbone Diagram to Identify, Systematize and Anlyze the Source of General Purpose Technologies. *Journal of Social and Administrative Science*, vol.4, n.4, pp. 291-303.
- Luppino, R. 2014. Risk Management in Research and Development (R&D) Projects: The Case of South Australia. *Asian Academy of Management Journal*, 19, 67–85.
- Peraturan Kasal Nomor Perkasal/35/V/2009 Tanggal 19 Mei 2009 tentang Pokok-Pokok Organisasi dan Prosedur Penerbangan TNI AL.
- Rizqi, Zamri & Siahaan Preston. 2020. Pendekatan FMEA Dalam Analisa Resiko Perawatan Sistem Bshan Bakar Mesin Induk: Studi kasus di KM. Sidomulyo. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri* Vol. 9 No.3.
- Stupar Slobodan, Simonovic & Jovanoic. 2012. Measurement and Analysis of Vibrations on the Helicopter Structure in Order to Defect of Operating Element. *Scientific Technical*



Review Vol.62, No.1. pp .58-63.

Wilarso, Santosa Nandang. 2021. Identifikasi Kegagalan Pengelolaan Mesin Soudronic Ag (Mesin Welder Kaleng) Menggunakan Metode Fishbone Analisis. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi Vol.4, No.1.*