

ANALISIS NONCONFORMING PART PADA WING STRUCTURE PESAWAT CN-235 DENGAN MENGGUNAKAN METODE FMEA (FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS)

Much. Djunaidi^{*)}, Andrew Krishna Ryantaffy

*Prodi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jalan Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura, Solo 57162*

(Received: October 01, 2017/ Accepted: May, 31, 2018)

Abstrak

Transportasi udara menjadi moda transportasi yang terus berkembang di Indonesia. Dukungan terhadap sistem transportasi udara yang aman sangat dibutuhkan. Oleh karena itu, proses pembuatan pesawat terbang yang dilakukan di PT. Dirgantara Indonesia perlu terus dijaga kualitasnya. Artikel ini membahas masalah kecacatan komponen rib pada wing structure pesawat CN235 pada saat proses perakitan struktur sayap pesawat. Data menunjukkan bahwa komponen yang banyak mengalami kegagalan adalah rib, dengan tingkat keparahan yang ditimbulkan masuk dalam kategori fatal. Dengan menggunakan pendekatan failure mode effect analysis, kasus terjadinya rib yang tidak sesuai menjadi bentuk modus kegagalan yang menjadi prioritas perbaikan dengan nilai RPN yang tertinggi dibandingkan dengan modus-modus kegagalan lainnya. Alternatif solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan inspeksi yang lebih ketat terhadap komponen khusus, serta melakukan analisis untuk faktor-faktor yang lain.

Kata kunci: *FMEA; Struktur sayap; Komponen rib; Keselamatan penerbangan*

Abstract

[Analysis of Non-conforming Part on Wing Structure Aircraft CN-235 Using FMEA (Failure Modes Effect Analysis) Method] Air transportation is becoming a growing transportation mode in Indonesia. Support for safe air transport systems is needed. Therefore, the process of making aircraft that is done in PT. Dirgantara Indonesia needs to keep its quality. This article discusses the problem of the components of the rib component in the wing structure of the CN235 aircraft during the assembly process of the aircraft wing structure. The data indicate that the components that many fail are rib, with the severity generated into the fatal category. By using the failure mode effect analysis approach, the case of incompatible rib becomes the form of failure mode that becomes the priority of improvement with the highest RPN value compared to other failure modes. Alternative solutions to overcome these problems is to conduct more rigorous inspections of specific components, as well as perform analysis for other factors.

Keywords: *FMEA; Wing structure; Rib component; Safety flight*

^{*)} Penulis Korespondensi.
E-mail: much.djunaidi@ums.ac.id

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan sebuah negara yang luas yang terdiri dari berbagai macam pulau. Dengan kondisi geografis yang sedemikian rupa mengakibatkan meningkatnya kebutuhan dari segi alat transportasi, baik transportasi darat, laut maupun udara. Salah satu alat transportasi yang familiar oleh masyarakat Indonesia adalah alat transportasi udara dengan menggunakan pesawat terbang. Pesawat terbang merupakan alat transportasi udara yang cukup diminati oleh masyarakat Indonesia dikarenakan memiliki jalur akses yang cepat serta memiliki waktu tempuh yang relatif singkat. Dalam proses pembuatan pesawat terbang, kualitas merupakan faktor yang paling utama untuk dipertimbangkan, sebab pesawat terbang merupakan alat transportasi yang memiliki tingkat resiko yang cukup tinggi dikarenakan menggunakan udara sebagai jalur aksesnya. Menurut Assauri (2004), pengendalian kualitas merupakan kegiatan-kegiatan untuk memastikan apakah kebijaksanaan dalam hal mutu atau standar dapat tercermin dalam hasil akhir. Dengan kata lain pengendalian mutu adalah usaha mempertahankan kualitas dan barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pemimpin perusahaan (Nastiti, 2013)

PT. Dirgantara Indonesia (PT. DI) merupakan perusahaan yang bergerak pada industri penerbangan yang memiliki peranan penting di Indonesia. PT. DI adalah satu-satunya perusahaan yang menciptakan produk pesawat terbang di Indonesia. Perusahaan harus memperhatikan beberapa aspek yang berkaitan dengan kualitas. Industri pesawat terbang harus menerapkan prinsip '*safe flight*', karena keamanan penerbangan sangat diutamakan (Bala, dkk., 2014). Perusahaan harus dapat menjamin bahwa produk yang dihasilkan memiliki kualitas terbaik. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah adanya *defect* atau kecacatan produk. Kecacatan produk sangat berpengaruh dalam proses produksi. Kecacatan yang ringan mungkin masih dapat dilakukan *rework* (pengerjaan ulang). Namun apabila kecacatan tersebut di luar kendali atau tidak memungkinkan untuk dilakukan pengerjaan ulang, maka produk tersebut sudah tidak dapat digunakan (Agnihotri & Kenett, 1995), yang berdampak pada penambahan biaya di sektor produksi (Ezeanyim, dkk., 2015) dan mempengaruhi waktu proses produksi (Chen, 2013). Hal tersebut juga terjadi pada saat produksi pesawat jenis CN-235, yang menyebabkan komponen yang sudah diproduksi tidak dapat dilakukan pengerjaan ulang dikarenakan komponen tersebut masuk dalam kategori *scrap* atau ditolak.

Analisis dan evaluasi untuk mengetahui penyebab suatu masalah dapat menggunakan beberapa metode. Salah satunya adalah dengan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA). FMEA adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan menghilangkan kegagalan yang diketahui,

permasalahan, *error*, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dana atau jasa sebelum mencapai konsumen (Stamatis, 2003).

Pendekatan FMEA telah banyak digunakan untuk melakukan analisis kualitas produk dan juga mengajukan usulan perbaikan untuk mengatasi permasalahan kualitas tersebut. Hanif, dkk (2015) menggunakan pendekatan FMEA untuk memperbaiki kualitas produk kotak parfum pada sebuah perusahaan berbasis *handmade manufacturer*. Pendekatan FMEA digunakan untuk mengidentifikasi jenis kegagalan dan mengukur tingkat resiko dari kegagalan yang terjadi pada proses produksi yang bersifat manual.

Puspitasari dan Martanto (2014) menggunakan FMEA untuk menganalisis kegagalan proses produksi sarung tenun dengan menggunakan alat tenun mesin (ATM). Metode ini mengidentifikasi jenis kegagalan yang terjadi pada proses produksi dengan mesin yang bekerja secara otomatis, disertai dengan usulan untuk perbaikannya. Pendekatan FMEA untuk analisis proses produksi dengan mengintegrasikan *lean production* juga dapat dilakukan (Banduka, dkk., 2016). Metode FMEA juga dapat digunakan untuk melakukan analisis kegagalan komponen untuk keperluan perawatan mesin. Perawatan komponen yang ada pada *excavator* tipe 390D yang dioperasikan pada pertambangan nikel di Soroako (Darmawan, dkk., 2016).

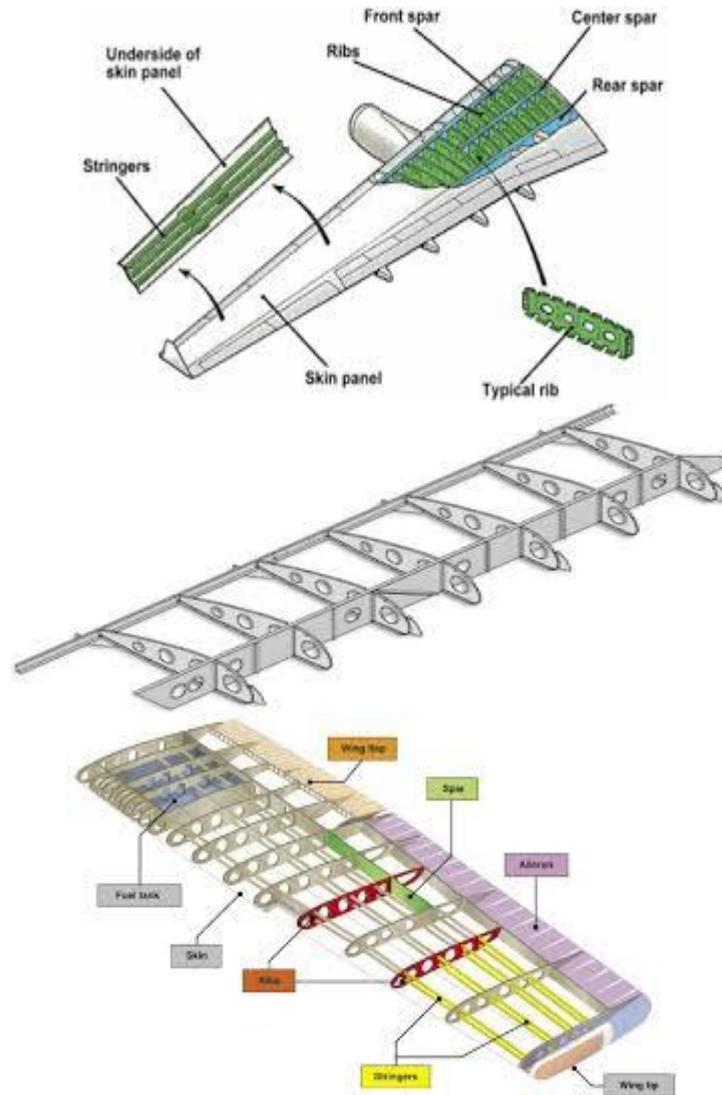
Pada proses produksi komponen untuk *wing structure* pada pesawat jenis CN-235 yang dilaksanakan di PT. DI, masih ditemui adanya komponen yang mengalami kecacatan dan masuk dalam kategori *nonconforming*, sehingga harus dilakukan *reject*. Hal ini tentu menimbulkan pemborosan pada proses produksi pesawat CN235.

Artikel ini akan melakukan analisis dan evaluasi penyebab adanya komponen yang masuk dalam kategori *nonconforming* dengan menggunakan metode FMEA. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis faktor-faktor penyebab kecacatan dan menentukan alternatif solusi perbaikannya.

2. Bahan dan Metode

PT. DI merupakan perusahaan dengan sistem produksi *make to order*. Produk yang dihasilkan antara lain: pesawat terbang, helikopter, persenjataan, dan juga komponen atau *part* dari struktur pesawat terbang. **Gambar 1.** menunjukkan komponen penyusun struktur sayap (*wing structure*) pada pesawat jenis CN-235, yang diproduksi oleh PT. DI. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah kecacatan yang terjadi pada komponen penyusun pesawat tipe CN-235 dan penyebab yang terjadi adanya kecacatan pada komponen tersebut.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan penelusuran *data list scrap* pada *Fixed Wing Assembly Unit*, PT. DI. Data yang diambil yaitu jumlah komponen ditolak (*scrap*) pada komponen untuk struktur sayap pesawat tipe CN-235.



Gambar 1. Komponen pada Struktur Sayap CN-235

Data ini diperlukan untuk menentukan komponen yang paling banyak mengalami kecacatan, yang dilakukan dengan menggunakan histogram kemudian mencari penyebab dari adanya kecacatan pada komponen tersebut. Analisis selanjutnya menggunakan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk mengetahui *part* yang harus dilakukan tindakan terlebih dahulu. Analisis dilakukan dengan memberikan penilaian terhadap tingkat keparahan (*severity*), tingkat potensi kejadian (*occurrence*), dan tingkat kesulitan melakukan deteksi (*detection*) (Carlson, 2014). Penentuan kriteria untuk nilai (*rating*) pada masing- masing aspek dilakukan dengan *focus group discussion* (FGD) dengan penyelia produksi, untuk mendapatkan *rating* penilaian yang sesuai dengan kondisi di tempat produksi.

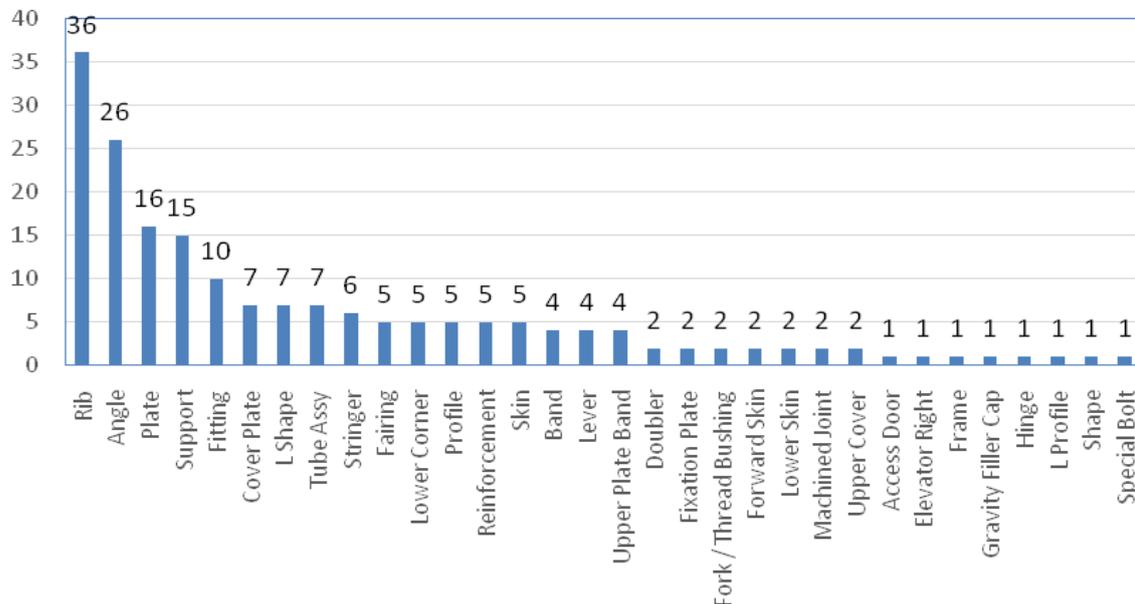
Pada setiap jenis kegagalan yang terjadi pada komponen yang paling dominan mengalami kecacatan, dilakukan perhitungan *risk priority number* (RPN), yang dihasilkan dari persamaan berikut (Carlson, 2014):

$$RPN = S \times O \times D \quad \dots(1)$$

dimana: S adalah nilai *severity*, O adalah nilai *occurrence*, dan D adalah nilai *detection*.

Setelah mengetahui tingkat resiko dari kegagalan yang terjadi, selanjutnya dilakukan analisis mengenai penyebab permasalahan serta langkah perbaikan untuk mencegah dan menghilangkan penyebab terjadinya kecacatan.

Scrap part of CN-235



Gambar 2. Histogram Scrap Part dari CN-235 (2015 – 2016)

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan observasi dan diskusi yang dilakukan dengan operator dan penyelia pada *fixed wing assembly unit*, dalam penggabungan komponen masih terdapat ketidaksesuaian terhadap kualitas atau mutu dari komponen yang dihasilkan. Identifikasi terkait ketidaksesuaian yang terjadi (*failure mode*) dan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *nonconforming* perlu dilakukan.

Data yang digunakan adalah data jumlah kecacatan pada *part* di *fixed wing assembly unit* pada kurun waktu tahun 2016-2017. Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pendataan *list scrap* pada proses pembuatan pesawat terbang jenis CN-235. Data jumlah kecacatan pada *part* penyusun *wing structure* pesawat CN-235 tahun 2016-2017, dalam bentuk histogram diperlihatkan pada **Gambar 2**. Diketahui jumlah kecacatan pada tahun 2016-2017 adalah berjumlah 189 dari total kurang lebih 40.000 *part* yang dibutuhkan untuk memproduksi 2 buah pesawat CN-235 sesuai dengan pesanan.

Berdasarkan **Gambar 2**, dapat dilihat bahwa *part* yang sering mengalami kecacatan adalah pada komponen *rib* dengan jumlah kegagalan sebanyak 36 kejadian. *Rib* adalah komponen yang memiliki bentuk yang mengikuti penampang sayap (*airfoil*). Analisis *part non-conforming* pada artikel ini hanya dilakukan pada komponen yang sering mengalami kerusakan, yaitu komponen *rib*.

Pada tahap awal, dilakukan penentuan nilai atau rating untuk kondisi pada *scrap part* yang diamati.

Penentuan rating dilakukan dengan melakukan *focus group discussion* (FGD), yang meliputi tingkat keparahan (*severity*), tingkat kejadian (*occurrence*), dan tingkat keterpantauan (*detection*). Tingkat *severity* digunakan untuk mengidentifikasi dampak potensial dari kegagalan yang terjadi. Tingkat *occurrence* digunakan untuk menilai frekuensi terjadinya modus kegagalan. Adapun tingkat *detection* digunakan untuk menilai tingkat antisipasi terjadinya modus kegagalan yang akan terjadi.

Severity merupakan analisa untuk melakukan identifikasi dampak potensial kegagalan dengan cara melakukan penelitian pada akibat yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut. Akibat yang ditimbulkan dari kecacatan komponen *rib* terhadap *wing structure* memiliki nilai 1 sampai 10, dimana nilai 1 diberikan jika tidak ada akibat yang ditimbulkan oleh kegagalan dan nilai 10 untuk kegagalan yang berakibat sangat fatal. **Tabel 1** menunjukkan tingkat keparahan beserta kriteria dan nilainya.

Occurrence merupakan skala yang menunjukkan frekuensi terjadinya mode kegagalan. Hal ini juga dapat diartikan seberapa sering mode kegagalan tersebut terjadi. Tingkat frekuensi memiliki nilai 1 sampai 10, dimana nilai 1 diberikan pada jenis kegagalan yang hampir tidak pernah terjadi dan nilai 10 diberikan untuk jenis kegagalan yang hampir pasti terjadi. **Tabel 2** menunjukkan tingkat kejadian beserta kriteria dan nilai yang diberikan pada jenis kegagalan tertentu.

Tabel 1. Kriteria Penilaian *Severity* (Keparahan) (Carlson, 2014)

Tingkat <i>Severity</i>	Kriteria	Nilai
Berbahaya tanpa peringatan	Efek moda kegagalan sangat fatal	10
Berbahaya dengan peringatan	Efek moda kegagalan cukup fatal	9
Sangat tinggi	Efek moda kegagalan sangat signifikan tidak bisa ditolerir	8
Tinggi	Efek moda kegagalan sangat signifikan bisa ditolerir	7
Sedang	Efek dari moda kegagalan sangat signifikan	6
Rendah	Efek dari moda kegagalan cukup signifikan	5
Sangat rendah	Efek dari moda kegagalan tidak terlalu signifikan	4
Minor	Efek moda kegagalan cukup mengganggu	3
Sangat minor	Efek moda kegagalan tidak mengganggu	2
Tidak ada	Efek moda kegagalan tidak ada akibatnya	1

Tabel 2. Kriteria Penilaian *Occurrence* (Kejadian) (Carlson, 2014)

Tingkat <i>Occurrence</i>	Kriteria	Skala	Nilai
Hampir pasti	Kegagalan hampir pasti terjadi	>18	10
Sangat tinggi	Jumlah yang sangat tinggi dari kemungkinan kegagalan	16--18	9
Tinggi	Jumlah kegagalan cukup tinggi	14--16	8
Cukup tinggi	Jumlah kegagalan sedang	12--14	7
Sedang	Kemungkinan kegagalan hampir selalu ada	10--12	6
Rendah	Kemungkinan kegagalan jarang ada	8--10	5
Sedikit kecil	Kemungkinan sedikit	6--8	4
Sangat kecil	Kemungkinan sangat sedikit	4--6	3
Jarang	Kemungkinan langka	2--4	2
Hampir tidak pernah	Kemungkinan hampir dipastikan tidak ada	0--2	1

Tabel 3. Kriteria Penilaian *Detection* (Keterpantauan) (Carlson, 2014)

Tingkat Deteksi	Kriteria	Nilai
Hampir tidak mungkin	Pengontrol tidak dapat mendeteksi kegagalan	10
Sangat jarang	Sangat jauh kemungkinan pengontrol akan menemukan potensi kegagalan	9
Jarang	Jarang kemungkinan pengontrol akan menemukan potensi kegagalan	8
Sangat rendah	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sangat rendah	7
Rendah	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan rendah	6
Sedang	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sedang	5
Agak tinggi	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan agak tinggi	4
Tinggi	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan tinggi	3
Sangat tinggi	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sangat tinggi	2
Hampir pasti	Kegagalan dalam proses tidak dapat terjadi karena telah dicegah melalui desain solusi	1

Detection adalah penilaian yang menunjukkan kemungkinan metode kegagalan lolos dari tahap pengawasan dan pendeteksian kerusakan, atau merupakan tahap yang menunjukkan tingkat kesulitan dalam pendeteksian kegagalan. Tingkat kemungkinan melakukan deteksi kegagalan diberikan nilai 1 sampai 10, dimana nilai 1 diberikan pada solusi deteksi sistematis yang tidak memungkinkan terjadinya kegagalan dan nilai 10 untuk kondisi sistem yang tidak memungkinkan melakukan deteksi kegagalan. **Tabel 3** menunjukkan kriteria tingkat deteksi oleh sistem untuk mengantisipasi kegagalan dan nilai yang diberikan.

Berdasar pengamatan yang dilakukan untuk kecacatan komponen *rib* pada struktur sayap pesawat, telah ditemukan 5 (lima) jenis modulus kegagalan, yang meliputi: *rib* rusak, ukuran *rib* berbeda, rivet tidak dapat dipasang, *rib* sulit dirakit, dan *rib* yang tidak sesuai. *Rib* yang rusak, disebabkan oleh jarak lubang

yang terlalu dekat dengan batas. Keadaan tersebut dapat mengakibatkan turunnya kekuatan pada struktur sayap dan dapat mengakibatkan terjadinya robek pada sayap pesawat. Hal tersebut dinilai memiliki tingkat keparahan yang membahayakan dan fatal, sehingga mendapatkan nilai 10 dari aspek keparahan yang ditimbulkan karena kecacatan *rib* yang rusak. **Tabel 4** menunjukkan penilaian tingkat keparahan pada struktur sayap yang diakibatkan oleh semua modulus kegagalan. Dapat dilihat pada **Tabel 4** tersebut, semua jenis modulus kegagalan dinilai memiliki tingkat keparahan maksimal untuk efek kegagalan yang dihasilkan, dengan nilai 10. Semua modulus kegagalan dinilai dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur sayap dan itu akan berakibat fatal pada keselamatan penerbangan.

Tingkat kejadian (*occurrence*) untuk tiap jenis modulus kegagalan berada pada nilai yang berbeda. Perbedaan nilai berdasarkan frekuensi terjadinya jenis

kegagalan selama masa periode pengamatan. *Rib* rusak ditemukan terjadi sebanyak 3 kali, dan kemudian diberikan nilai 2. **Tabel 5** menunjukkan frekuensi terjadinya masing-masing jenis kegagalan dan tingkat nilai yang diberikan untuk tiap modus kegagalan. Modul kegagalan *rib* yang tidak sesuai

paling banyak terjadi, yaitu 15 kali, dan diberikan nilai *occurrence* sebesar 8. Adapun modus kegagalan ukuran *rib* berbeda merupakan modus yang paling jarang terjadi, yaitu hanya 2 kali, dan diberikan nilai *occurrence* sebesar 1.

Tabel 4. Penilaian *Severity* untuk Komponen *Rib*

No	Modus Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Efek kegagalan	Nilai
1	<i>Rib</i> rusak	Jarak lubang terlalu mendekati batas	Melemahkan struktur sayap dan dapat terjadi robek pada sayap pesawat	10
2	Ukuran <i>rib</i> berbeda	Kelebihan pemotongan	Jarak <i>rivet</i> menjadi lebih dekat yang mengakibatkan melemahnya struktur sayap pesawat dan tidak sesuai standar	10
3	<i>Rivet</i> tak dapat dipasang	Lubang <i>rivet</i> antar <i>part</i> yang berbeda. Terdapat perbedaan titik <i>center</i> pada kedua lubang	<i>Rib</i> tidak dapat disatukan dengan <i>part</i> lain untuk membentuk struktur sayap pesawat	10
4	<i>Rib</i> sulit dirakit	<i>Miss match</i> antar <i>part</i> pada saat dirakit	Struktur <i>part</i> tidak rapat/ terdapat celah yang mampu mengakibatkan ketidakseimbangan sayap	10
5	<i>Rib</i> tidak sesuai	Pemasangan <i>rib</i> tidak rata	Terjadi turbulensi karena aliran udara tidak mulus (<i>smooth</i>)	10

Tabel 5. Penilaian *Occurrence* pada Kecacatan *Rib*

No	Modus Kegagalan	Frekuensi Kecacatan	Nilai
1	<i>Rib</i> rusak	3	2
2	Ukuran <i>rib</i> berbeda	2	1
3	<i>Rivet</i> tidak dapat dipasang	12	6
4	<i>Rib</i> sulit dirakit	4	2
5	<i>Rib</i> tidak sesuai	15	8

Tabel 6. Penilaian *Detection* untuk Komponen *Rib*

No	Modus Kegagalan	Kendali Proses Saat Ini	Nilai
1	<i>Rib</i> rusak	Deteksi visual dan perhitungan oleh operator rendah	6
2	Ukuran <i>rib</i> berbeda	Deteksi visual dan perhitungan oleh operator sedang	5
3	<i>Rivet</i> tidak dapat dipasang	Deteksi visual dan perhitungan oleh operator sedang	5
4	<i>Rib</i> sulit dirakit	Deteksi visual dan dengan <i>filler gauge tool</i>	3
5	<i>Rib</i> tidak sesuai	Deteksi visual dan dengan <i>locator tool</i>	4

Tabel 7. *Risk Priority Number* (RPN) untuk Kecacatan *Rib*

No	Failure Mode	Effect	S	O	D	RPN
1	<i>Rib</i> tidak sesuai	Terjadi turbulensi karena aliran udara tidak <i>smooth</i>	10	8	4	320
2	<i>Rivet</i> tidak dapat dipasang	<i>Rib</i> tidak dapat disatukan dengan <i>part</i> lain untuk membentuk struktur sayap pesawat	10	6	5	300
3	<i>Rib</i> rusak	Melemahkan struktur rangka dan dapat terjadi robek pada sayap pesawat	10	2	6	120
4	<i>Rib</i> sulit dirakit	Struktur <i>part</i> tidak rapat/ terdapat celah yang mampu mengakibatkan ketidakseimbangan sayap	10	2	3	60
5	Ukuran <i>rib</i> berbeda	Jarak <i>rivet</i> menjadi lebih dekat yang mengakibatkan melemahnya struktur sayap pesawat dan tidak sesuai standar	10	1	5	50

Tingkat keterpantauan (*detection*) untuk tiap jenis modus kegagalan berada pada nilai yang berbeda. Nilai tingkat keterpantauan ini didasarkan tingkat kesulitan dalam mengamati terjadinya modus kecacatan. *Rib* rusak terpantau dengan melakukan deteksi visual dengan kesulitan rendah dalam perhitungan oleh operator, dan diberikan nilai 6.

Ukuran *rib* yang berbeda dan *rivet* tidak dapat dipasang dapat diketahui dengan deteksi visual dengan tingkat perhitungan oleh operator yang sedang, sehingga diberikan nilai 5. **Tabel 6** menunjukkan penilaian keterpantauan masing-masing jenis kegagalan dan tingkat nilai yang diberikan untuk tiap modus kegagalan.

Tabel 8. FMEA untuk Kecacatan Komponen *Rib* pada *Wing Structure* Pesawat CN-235

No	Failure Mode	RPN	Tindakan	Saran
1	<i>Rib</i> tidak sesuai	320	Apabila hanya terdapat satu atau dua yang tidak sesuai, maka dapat melakukan pemasangan <i>shim</i> (pengganjal khusus) atau perlu dilakukan pergantian sebagian <i>rib</i>	Perlakuan tindakan dilakukan sesuai dengan kesepakatan forum <i>engineer</i> , sebab apabila diberikan <i>dubbler</i> ataupun <i>shim</i> , efeknya adalah adanya penambahan beban pada struktur pesawat terbang, hal tersebut tetap mampu menurunkan kualitas dan performa dari pesawat, sehingga perlu dilakukan tindakan lebih lanjut dengan cara melakukan inspeksi yang lebih ketat pada bagian (<i>special part</i>) serta melakukan analisa terhadap faktor-faktor lain seperti (manusia, prosedur, lingkungan dll) agar kecacatan tidak dapat terjadi
2	<i>Rivet</i> tidak dapat dipasang	300	Apabila hanya terdapat satu atau dua yang tidak pas, maka dapat melakukan <i>dubbler</i> kepada salah satu <i>part</i> atau menambalnya kemudian dilakukan pengeboran lagi	
3	<i>Rib</i> rusak	120	Apabila hanya terdapat satu atau dua yang mendekati batas, maka dapat melakukan <i>dubbler</i> atau menambalnya kemudian membuat lubang baru	
4	<i>Rib</i> sulit dirakit	60	Apabila hanya terdapat satu atau dua yang <i>miss match</i> , maka dapat melakukan pemasangan <i>shim</i> (pengganjal khusus) atau dengan perlakuan <i>rework/repair</i> pada <i>part</i> tertentu	
5	Ukuran <i>rib</i> berbeda	50	Melakukan <i>rework</i> dengan cara membuat <i>special part</i> yang berukuran lebih besar/ panjang	

Berdasarkan tiga kriteria di atas, dapat diperhitungkan tingkat prioritas penanganan resiko dari kegagalan yang muncul. Perhitungan tingkat prioritas resiko (*risk priority number* = RPN), dilakukan dengan perkalian dari hasil *severity*, *occurrence*, dan *detection*, sebagaimana persamaan (1). Dengan persamaan tersebut, dapat diperkirakan bahwa semakin besar nilai RPN berarti bahwa tingkat prioritas penanganan resiko juga semakin besar. **Tabel 7** menunjukkan hasil perhitungan nilai RPN untuk tiap jenis modus kegagalan. *Rib* tidak sesuai merupakan jenis kegagalan yang memiliki nilai RPN paling besar, yaitu 320. Hal tersebut menunjukkan bahwa jenis kegagalan *rib* tidak sesuai mendapatkan prioritas untuk penanganan, jika dibandingkan dengan jenis modus kegagalan yang lainnya. Sedangkan modus kegagalan berupa ukuran *rib* berbeda menempati urutan prioritas terakhir, dengan nilai paling rendah, yaitu 50 poin.

Dengan memperhatikan nilai RPN untuk masing-masing jenis kegagalan, dilakukan diskusi dengan pendekatan *failure modes and effect analysis* (FMEA) untuk menentukan tindakan yang perlu diambil untuk menangani kegagalan yang terjadi. **Tabel 8** menunjukkan tindakan yang perlu dilakukan untuk menangani modus kegagalan.

Berdasarkan **Tabel 8**, dapat diketahui beberapa tindakan yang perlu dilakukan apabila terdapat satu atau dua *part* yang terkena kecacatan atau kegagalan, seperti memberikan *shim* atau pengganjal khusus. Pemberian *dubbler* dan pembuatan komponen khusus, namun perlakuan tindakan dilakukan sesuai dengan kesepakatan forum *engineer*. Pemberian *dubbler* ataupun *shim* memberikan pengaruh berupa

penambahan beban pada struktur pesawat terbang. Hal tersebut dapat menurunkan kualitas dan performa dari pesawat terbang, sehingga perlu dilakukan tindakan lebih lanjut. Hal-hal yang dapat dilakukan diantaranya dengan melakukan inspeksi yang lebih ketat pada bagian *special part*, serta melakukan analisa terhadap faktor-faktor lain seperti operator, prosedur, lingkungan, dan lain-lain, agar kecacatan tidak dapat terjadi.

4. Kesimpulan

Dari berbagai komponen yang masuk ke dalam kategori cacat, pada pembuatan *wing structure* 2 buah pesawat CN235 yang dikerjakan pada tahun 2015-2016, komponen *rib* memiliki jumlah kecacatan paling tinggi yakni sebesar 36 buah. Berbagai jenis kecacatan pada komponen *rib* berpengaruh sangat fatal terhadap kekuatan struktur sayap. Dengan mempertimbangkan pula frekuensi kejadian dan tingkat pendeteksian, nilai potensi resiko dari kegagalan *rib* paling tinggi diperoleh pada jenis kegagalan *rib* yang tidak sesuai. Berdasarkan metode FMEA dapat diketahui beberapa tindakan yang perlu dilakukan, yaitu dengan melakukan inspeksi yang lebih ketat pada bagian komponen khusus serta melakukan analisa terhadap faktor-faktor lain, seperti operator, prosedur, lingkungan, dan lain-lain.

5. Daftar Pustaka

Agnihotri, S.; Kenett, R. (1995). "The impact of defects on a process with rework". *European Journal of Operational Research*. Vol. 80, pp. 308–327.

- Bala, I.; Sharma, S.K.; Kumar, S.; Shrivastava, R. (2014). "Exploring safety aspects of aviation industry". *Advances in Aerospace Science and Applications*, Vol. 4 (1), pp. 37 – 44.
- Banduka, N.; Veža, I.; Bilić, B. (2016). An integrated lean approach to process Failure Mode and Effect Analysis (PFMEA): A case study from automotive industry". *Advances in Production Engineering & Management*, Vol. 11 (4), pp. 355–365.
- Carlson, C.S. (2014). *Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs*. Tutorial Notes on 2014 Annual Reliability and Maintainability Symposium (AR&MS). ReliaSoft Corporation.
- Chen, Y.C. (2013). "Optimal production and inspection strategy with inspection time and reworking for a deteriorating process". *International Journal of Operations Research*, Vol. 10 (3), pp. 123–133.
- Darmawan, A.; Rapi, A.; Ali, S. (2016). "Analisis perawatan untuk mendeteksi risiko kegagalan komponen pada excavator 390D". *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol.15 (1), 109 – 115
- Ezeanyim, O.C.; Onwurah, U.O.; Okoli, N.C.; Okpala, C.C. (2015). "An evaluation of actual costs of rework and scrap in manufacturing industry". *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, Vol. 2 (4), 612 – 618.
- Hanif, R. Y., Rukmi, H. S. and Susanty, S. (2015). "Perbaikan kualitas produk keraton luxury di PT. X dengan menggunakan metode failure mode and effect analysis dan fault tree analysis". *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. 3(3), pp. 137 – 147.
- Nastiti, H. (2013). "Analisis pengendalian kualitas produk dengan metode statistical quality control (Studi Kasus: pada PT "X" Depok)". *Prosiding Seminar Nasional Sustainable Competitive Advantages (SCA) 2014*, pp. 414 – 423.
- Puspitasari, N.B.; Martanto, A. (2014). "Penggunaan FMEA dalam mengidentifikasi resiko kegagalan proses produksi sarung ATM (Alat Tenun Mesin) (Studi kasus PT. Asaputex Jaya Tegal)", *Jurnal Teknik Industri Undip*, Vol 9 (2), 93 – 98.
- Stamatis, D.H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. (2 Rev Exp Edition). USA: Amer Society for Quality.