

ANALISIS WINDSHIELD PESAWAT BOEING 737-NG TERHADAP KEGAGALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE EFFECT AND ANALYSIS* DAN *WEIBULL*

¹Salsabila Syahla Dwi Setiowulandari, ² Salnabila Syahla Dwi Setiowulandari, ³Hery Setiawan, ⁴Haris Ardianto

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

Abstrak

Windshields memiliki faktor yang dapat terjadi kerusakan maupun kegagalan yang mengakibatkan *heating system failure* dan dapat mempengaruhi dalam penglihatan pilot dari kaca depan (*windshields*) saat mengoperasikan kontrol pesawat di udara dan apabila terjadi kerusakan maka akan mengakibatkan kejadian yang fatal. Sehingga dapat dilakukan untuk mengetahui identifikasi dari terjadinya potensi risiko kegagalan serta dalam keandalan pada *windshields*. Metode penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif yang menggunakan *FMEA* yang bertujuan untuk mengetahui dan mengidentifikasi mode kegagalan pada komponen *windshields*. dan analisis kuantitatif dilakukan dengan perhitungan *reliability* menggunakan distribusi *weibull* yang bertujuan untuk mengetahui batas *lifetime critical* pada komponen *windshields* pesawat *Boeing 737-NG*. Hasil penelitian ini menggunakan analisis kualitatif menggunakan *FMEA* berupa nilai *RPN* dengan hasil yang dapat mengidentifikasi kegagalan pada *windshields* sehingga dapat melakukan perawatan pada kegagalan tersebut. Dan hasil dari analisis kuantitatif menggunakan perhitungan *reliability* dengan distribusi *weibull* dimana dari nilai batas waktu operasional sehingga komponen mengalami masa kritis sehingga mencapai waktu operasional yaitu 8600 jam dengan hasil nilai *reliability* 70%, dan pada hasil dari nilai *failure rate* 0,000110283 yaitu menunjukkan pada kondisi ini yang berada *wear-out zone* yang mana kegagalan tersebut masih terus menerus meningkat seiring bertambahnya waktu sehingga pada titik puncak (*peak*) ini menandakan sebagai batas *potensial failure* dengan *functional failure* pada komponen *windshield*. Setelah mengetahui batas masa kritis pada komponen *windshields* sehingga dapat melakukan perencanaan *preventive maintenance* pada komponen *windshields* sebelum terjadi kegagalan pada *windshields*.

Kata kunci: *FMEA, Kualitatif, Kuantitatif, Windshields, Weibull*

Abstract

Windshields have factors that can cause damage or failure which results in heating system failure and can affect the pilot's vision from the windshield when operating aircraft controls in the air and if damage occurs it will result in a fatal incident. So that it can be done to identify the occurrence of potential failure risks as well as the reliability of the windshields. This research method uses quantitative analysis using FMEA which aims to identify the failure mode of the windshields component. and quantitative analysis is carried out by calculating reliability using the Weibull distribution which aims to determine the critical lifetime limit on the windshield component of the Boeing 737-NG aircraft. The results of this research use qualitative analysis using FMEA in the form of RPN values with results that can identify failures in windshields so that they can perform maintenance on these failures. And the results of quantitative analysis using reliability calculations with the Weibull distribution where from the operational time limit value so that the component experiences a critical period so that it reaches an operational time of 8600 hours with a reliability value of 70%, and the results of the failure rate value of 0,000110283 indicate the condition This is in the wear-out zone where the failure continues to increase with time so that at this peak, this indicates a potential limit for failure with functional failure in the windshield component. After knowing the critical period limit on the windshield components, they can carry out preventive maintenance planning on the windshields components before the windshields fail.

Keywords: *FMEA, Qualitative, Quantitative, Windshields, Weibull.*

Pendahuluan

Kaca depan atau *windshield* merupakan komponen kaca depan pesawat terbang yang bertujuan untuk menghalang atau pelindung terhadap aliran udara dan benda asing (*foreign object*), dan serangan burung atau bisa disebut dengan *bird strike* yang mengakibatkan kegagalan serius

¹Email Address: salsabilasyahladwi@gmail.com

Received 29 September 2022, Available Online 30 Juli 2022

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i2.674>

sehingga kaca depan pesawat terbang mampu berkembang dalam ketahanan dan harus terbukti andal pada sebelumnya (Liu *et al.*, 2012:1). Kaca depan atau *windshield* pada pesawat terbang adalah peralatan yang kompleks yang terdiri dari beberapa lapisan bahan, termasuk lapisan luar yang sangat kuat dengan lapisan yang dipanaskan tepat di bawahnya, semuanya dilaminasi di bawah suhu dan tekanan tinggi. Kegagalan item ini bukan kegagalan struktural. Sebaliknya, *windshield* biasanya mengalami kerusakan atau delaminasi lapisan luar nonstruktural maupun kegagalan sistem pemanas. Kegagalan ini tidak mengakibatkan kerusakan pada pesawat tetapi mengakibatkan penggantian kaca depan (*windshields*) (Blishke R and Murthy Prabhakar, 2000: 36).

Pada penelitian ini memiliki permasalahan dengan bagaimana cara mengidentifikasi potensi risiko kegagalan yang terjadi pada komponen *windshield* dan bagaimana kehandalan (*reliability*) untuk mengetahui batas *lifetime critical* pada komponen *windshield*. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kehandalan (*reliability*) yang terjadi pada komponen *windshield* dan dapat melakukan perencanaan *maintenance* yang sesuai dengan kegagalan yang terjadi pada *windshield* agar tidak terjadi kembali. Manfaatnya yaitu dapat mengetahui apa saja kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada komponen *windshield* dan dapat mengetahui batas *lifetime critical* pada komponen *windshield*.

Pada komponen *windshield* yang berdasarkan data *Federal Aviation Administration* (FAA) yang berupa data *historical* komponen *windshiled* dengan periode tahun 2015 hingga tahun 2019 telah terjadi fenomena yang mengalami *bird strike* lebih dari 60.663 kali. Sehingga pesawat terbang yang sering mengalami serangan burung atau yang dinamakan sebagai *bird strike* terjadi pada ketinggian kurang dari 3.000 kaki (*feet*) (914,4 meter) dengan persentase 95%. Oleh karena itu, pada fase *take-off*, *approach*, dan *landing* merupakan fase-fase penerbangan yang kritis dalam fenomena *bird strike* yang terjadi pada komponen *windshield* (Warsiyanto, 2020: 2).

Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis

Pemeliharaan Pesawat Terbang

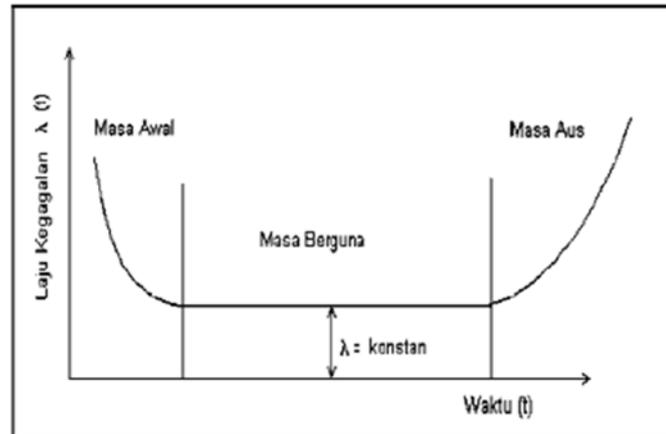
Setiap pesawat terbang memiliki jadwal pemeliharaan sesuai dengan jadwal pada masing-masing pesawat dengan melihat batas jam terbang. Setiap komponen atau part memiliki batas waktu pemakaian untuk melakukan pemeliharaan agar masa pemakaian tetap terjaga. Pemeliharaan memiliki dua kelompok yaitu pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) dan pemeliharaan korektif (*correcctive maintenance*). Pemeliharaan preventif merupakan pemeliharaan pada komponen atau sistem untuk mencegah terjadinya kegagalan pada suatu komponen atau sistem agar tidak terjadi kembali sedangkan pemeliharaan korektif adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki komponen yang mengalami kerusakan atau kegagalan dan tidak dapat berfungsi kembali (Rosyidin, 2017:)

Pemeliharaan yang terjadwal (*scheduled maintenance*) memiliki berbagai jenis yaitu *transit check*, *daily check*, *weekly check*, *A check*, *B check*, *C check*, *D check* dengan menggunakan *standard* perhitungan waktu yaitu *flight hour*, *flight cycles*, dan *calender*. Pemeliharaan yang tidak terjadwal (*unscheduled maintenance*) merupakan pemeliharaan yang tidak terjadwal ketika terjadi ketidakteraturan mekanis pada komponen atau sistem. *Unschedule maintenance* memiliki kejadian yang tidak terduga dan tidak terjadwal seperti: *Hard Landing*, *Overweight Landing*, *Bird Strike*, *Lightning Strike*, maupun *Foreign Object Damage* (FOD).

Konsep kehandalan

Kehandalan atau *reliability* merupakan kemampuan pada suatu komponen atau sistem untuk tidak mengalami kegagalan dan dapat menjalankan fungsinya selama periode waktu (t) yang telah ditentukan. Evaluasi dalam kehandalan dapat digunakan untuk memperkirakan probabilitas pada

suatu komponen agar dapat menjalankan fungsinya dalam periode waktu dan kondisi operasi tertentu. Untuk mengukur kehandalan (*reliability measurement*) menggunakan variabel waktu (t). kurva yang digunakan pada kehandalan yang sering digunakan untuk penjabaran perilaku suatu komponen yaitu kurva bak mandi (*bathtub curve*). Kurva bathtub dapat digunakan untuk melihat tingkat laju kegagalan pada suatu komponen sehingga dapat menentukan jumlah kegagalan yang terjadi selama periode waktu tertentu dibandingkan dengan operasi sistem secara keseluruhan. Kurva *bathtub* memiliki berbagai macam pola yang ditunjukkan pada gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Bathtub Curve

Sumber: Dr David J Smith. (2005). *reliability, maintainability and risk. In Practical methods for engineers Seventh Edition Elsevier Butterworth-Heinemann.*

Pola pada kurva bak mandi ini merupakan tahap masa awal (*early failure*) dimana tingkat kegagalan pada suatu komponen yang mengalami terus menurun sepanjang waktu masa pakai yang mengakibatkan tingkat kegagalan menjadi cukup tinggi selama beroperasi dan akan terus menurun. Tahap masa pakai (*useful life*) merupakan tahap bagian tengah dalam kurva bak mandi yang ditandai dengan kegagalan yang konstan dan kegagalan tidak akan meningkat karena umur peralatan terus meningkat sehingga dapat dijadikan sebagai evaluasi dan prediksi kehandalan. Pada tahap masa aus (*wear-out zone*) yaitu tingkat kegagalan pada suatu komponen akan terus meningkat sampai mengalami aus dan mengalami kerusakan maka jika semakin meningkat pada tingkat kegagalan maka pada komponen tersebut harus segera diperbaiki atau diganti sesuai dengan *part number* pada suatu komponen. Metode kuantitatif ini menggunakan perhitungan kehandalan dengan distribusi weibull yang bertujuan untuk memperoleh data pemeliharaan terhadap waktu kegagalan dan waktu perbaikan dari suatu komponen. Secara matematis kehandalan dapat dimodelkan sebagai model distribusi kegagalan. Pada model distribusi sebagai berikut:

Bernard Median Rank

Bernard Median Rank merupakan analisis data yang digunakan dalam distribusi *weibull* untuk menentukan simpangan kuadrat Y dan X yang didapat dari rank terkecil sampai dengan terbesar. Benard median rank dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BMR = \frac{ARi - 0,3}{N + 0,4} \dots\dots\dots (1)$$

Ari = rank yang telah disesuaikan dengan i .

N = jumlah data rank.

Simpangan kuadrat Y dan X

Simpangan kuadrat ini digunakan untuk menentukan *shape parameter* (β) dalam distribusi *weibull*,

secara matematis dapat ditulis secara matematis sebagai berikut:

$$X = \ln \text{BMR} \dots\dots\dots (2)$$

$$Y = \ln(\ln 1/1) - \text{BMR} \dots\dots\dots (3)$$

Laju kegagalan (Failure Rate)

Laju kegagalan atau *failure rate* merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi dalam waktu tertentu dengan total waktu pada suatu komponen atau sistem. Laju kegagalan dapat ditulis secara matematis sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{f}{R} \dots\dots\dots (4)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan keterangan:

$f(t)$ = banyaknya waktu kegagalan operasi t $\lambda(t)$ = laju kegagalan
 t = total waktu operasional $R(t)$ = kehandalan terhadap waktu

Peluang waktu kegagalan (unreliability)

Peluang waktu kegagalan digunakan sebagai proporsi pada kondisi beroperasi dari suatu komponen dan dapat ditulis secara matematis sebagai berikut:

$$F(t) = \text{Weibull Dist. } f(t) \cdot \beta \cdot \theta \dots\dots\dots (6)$$

Dengan keterangan:

$F(t)$ = peluang kegagalan θ = *scale parameter*
 $f(t)$ = banyaknya kegagalan waktu beroperasi t
 β = *shape parameter*

Pada penelitian ini menggunakan distribusi weibull yang memiliki dua jenis parameter yaitu dua parameter dan distribusi Weibull tiga parameter. Namun pada penelitian ini menggunakan distribusi Weibull dua parameter yang dengan hasil menggunakan *probabilitay density function* (PDF) dari *shape parameter* merupakan parameter bentuk dan *scale parameter* yaitu parameter ukur untuk mengukur waktu kegagalan (*time to failure*) pada suatu komponen (t), maka untuk distribusi Weibull dua parameter menggunakan rumus sebagai berikut:

Probability Density Function (PDF)

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left[\frac{1}{\theta} \right]^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{\theta} \right)^\beta \right] \dots\dots\dots (7)$$

Fungsi kehandalan

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\theta} \right)^\beta \right] \dots\dots\dots (8)$$

Laju Kegagalan (failure rate)

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left[\frac{t}{\theta} \right]^{\beta-1} \dots\dots\dots (9)$$

Waktu Rata-Rata Kegagalan(MTTF)

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \dots\dots\dots (10)$$

Failure Mode Effect and Analysis(FMEA)

Failure mode effect and analysis (FMEA) merupakan analisis yang secara sistematis digunakan untuk mengidentifikasi akibat atau sebab dari suatu bentuk kegagalan pada komponen atau sistem yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan mengurangi peluang terjadinya kegagalan (Cahyabuana and Pribadi, 2015). Untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan tertinggi yang terjadi pada komponen *windshield* maka dilakukan analisis dengan menggunakan beberapa tahapan sebagai berikut:

- Identifikasi kegagalan (*failure*) pada komponen
- Identifikasi fungsi dari kegagalan pada komponen *windshield*
- Identifikasi pada penyebab kegagalan pada komponen *windshield*
- Identifikasi efek dari kegagalan pada komponen *windshiled*
- Melakukan perhitungan *Severity*
- Melakukan perhitungan *Occurance*
- Melakukan perhitungan *Detection*
- Setelah mendapatkan hasil dari *severity*, *occurance*, dan *detection* maka dapat melakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

$$RPN = SEV \times OCC \times DEC \dots\dots\dots (11)$$

Nilai RPN bertujuan untuk menunjukkan keseriusan terhadap potensi kegagalan yang memiliki ciri semakin tinggi nilai RPN maka akan menunjukkan semakin kritis kegagalan pada suatu komponen. FMEA digunakan sebagai dasar dalam melakdanakan perbaikan performa terhadap kegagalan pada suatu komponen atau sistem. Untuk kategori dari hasil nilai RPN dapat dikategori dalam skala tingkat risiko yang ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Skala tingkat risiko pada nilai *risk priority number*

Skala tingkat risiko	<i>Risk Priority Number</i>
<i>Very Low</i>	$x < 20$
<i>Low</i>	$21 \leq 80$
<i>Medium</i>	$81 \leq x \leq 120$
<i>High</i>	$121 \leq x \leq 200$
<i>Very High</i>	$x > 200$

Sumber: Cahyabuana and Pribadi, 2015, konsistensi penggunaan FMEA (*failure mode effect and analysis*) terhadap penilaian risiko teknologi informasi (studi kasus: Bank XYZ).

Untuk ketiga parameter yang merupakan *severity*(S), *occurrence*(O), dan *detection*(D) memiliki kategori yang sesuai dengan kegagalan pada komponen *windshield* sehingga dapat menentukan pemeliharaan yang sesuai dengan kegagalan tersebut. Berikut kategori-kategori pada masing-masing ketiga parameter.

Tabel 2. Skala peringkat *severity*

Efek Keparahan	Kategori <i>Severity</i>	Peringkat
Bahaya tanpa peringatan atau tanda-tanda	Kegagalan sangat tinggi, dapat menyebabkan kegagalan serius dalam sistem dan membahayakan, tetapi tidak menunjukkan tanda-tanda kerusakan sebelumnya.	10
Bahaya dengan peringatan	Kegagalan sangat tinggi, dapat membahayakan dan menyebabkan kegagalan pada sistem, serta dengan	9

Efek Keparahan	Kategori <i>Severity</i>	Peringkat
	menunjukkan sebagai penanda kerusakan sebelumnya.	
Sangat tinggi	Sistem anti-icing tidak dapat beroperasi dengan baik karena gangguan besar, hilangnya fungsi utama dan terdapat heating system failure.	8
Tinggi	Komponen tidak berfungsi dengan baik.	7
Sedang	Komponen dapat dioperasikan, ada alat yang tidak berfungsi (rusak)	6
Rendah	Komponen dapat beroperasi namun terdapat gangguan alat maupun sistem sehingga terjadi penurunan performa.	5
Sangat rendah	Komponen dapat beroperasi dengan normal, namun pengaturan mengalami gangguan sehingga terjadi kegagalan	4
Kecil	Komponen dapat beroperasi dengan normal, namun terdapat gangguan kecil sehingga operator menyadari adanya gangguan.	3
Sangat kecil	Komponen dapat beroperasi dengan normal, efek dari gangguan tidak mengakibatkan gangguan pengoperasian.	2
None	Tidak ada efek maupun gangguan sama sekali	1

Untuk skala peringkat *occurrence* merupakan nilai seberapa seringnya modus kegagalan pada komponen *windshield* sesuai dengan peringkat kategori yang dapat ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3. skala tingkat *occurrence*

Deskripsi	Kategori <i>Occurrence</i>	Tingkat kemungkinan kegagalan dalam FH	Peringkat
Sangat tinggi	Sering overheated	1 dalam 1.000	9-10
Tinggi	Kegagalan yang berulang-ulang	1 dalam 3.000	7-8
Sedang	Jarang terjadi kegagalan	1 dalam 10.00	5-6
Rendah	Sangat kecil terjadi kegagalan	1 dalam 17.000	3-4
Tidak ada efek	Hampir tidak ada kegagalan	1 in 24.000	1-2

Pada parameter *detection* merupakan nilai pengukuran terhadap kemampuan mendeteksi kegagalan yang terjadi pada komponen *windshield*. Berikut tabel yang dapat ditunjukkan sebagai berikut

Tabel 4. Skala Tingkat *Detection*

Efek	Kategori <i>detection</i>	Peringkat
Tidak Terdeteksi	Tidak bisa mendeteksi dan menimbulkan kerusakan parah	10
Sedikit terdeteksi	Dapat mendeteksi sedikit, karena alat yang sulit mendeteksi adanya gangguan atau kerusakan	9
Sangat Kecil	Dapat mendeteksi kemungkinan sangat kecil sehingga berpotensi kegagalan	8
Kecil	Dapat mendet kemungkinan kecil, karena komponen mengalami degradasi	7
Rendah	Dapat mendeteksi dengan kemampuan rendah untuk komponen yang tidak berfungsi atau rusak, dilakukan pemeliharaan.	6
Sedang	Dapat mendeteksi dengan kemampuan sedang, karena pada komponen terdapat gangguan dan berpotensi kegagalan	5
Cukup Tinggi	Dapat mendeteksi dengan kemampuan cukup tinggi, komponen yang berpotensi kegagalan	4
Tinggi	Dapat mendeteksi dengan kemampuan tinggi pada komponen sehingga potensi kegagalan dan dilakukan pemeliharaan	3
Sangat Tinggi	Dapat mendeteksi dengan kemampuan sangat tinggi yang berpotensi kegagalan dan dilakukan pemeliharaan.	2
Hampir Pasti	Dapat mendeteksi kegagalan pada komponen yang pasti terdeteksi.	1

Penelitian yang Relevan

Menurut (Kardos, Lahuta and Hudakova, 2021) dengan judul “*Risk Assessment Using the FMEA method in the Organization of Running Events*” menyatakan bahwa pentingnya mengidentifikasi risiko dan kebutuhan dari individu maupun organisasi untuk mengatasi risiko yang ditimbulkan semakin serius sehingga metode FMEA cocok untuk memodifikasi prosedur penerapan pada kondisi penyelenggaraan acara lari dan penilaian risiko yang paling parah dan paling berat. Dengan demikian FMEA dapat meningkatkan keamana dan kualitas dalam acara lari maraton.

Menurut (Taufik and Septyani, 2016) yang berjudul “*Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Turbin Di Pt Pln (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin*” meneliti tentang menentukan interval untuk melakukan perawatan pada mesin turbin di PT. PLN (persero). Dalam proses produksi pada pembangkit listrik tenaga uap yang mengalami kerusakan yang sering terjadi pada mesin turbin yang mengakibatkan pembangkit listrik tenaga uap tidak beroperasi, oleh karena itu dilaksanakan aktifitas perawatan mesin yang dibutuhkan untuk mencegah kerusakan. Metode ini menggunakan *probability density function*(pdf) dan *reliability* dari komponen yang mengalami kritis atau kegagalan untuk menentukan interval perawatan komponen kritis menggunakan *downtime* untuk membuat jadwal perawatan terhadap komponen atau mesin.

Menurut peneliti (Cahyabuana and Pribadi, 2015) yang berjudul “*Konsistensi Penggunaan Metode FMEA (Failure Mode Effects and Analysis) terhadap Penilaian Risiko Teknologi Informasi*” menyatakan untuk menganalisis manajemen risiko pada penggunaan teknologi informasi yang menggunakan metode FMEA untuk mengidentifikasi penyebab yang disebabkan dari hasil penilaian risiko. Sehingga hasil yang didapat dari penyebab penilaian risiko ini yang menggunakan metode FMEA yang belum konsisten yang menjadikan acuan yang disesuaikan dengan kebutuhan bank XYZ dalam penilaian risiko.

Berdasarkan (Rosyidin, 2017) dengan judul “perbaikan, dampak korosi pada pesawat udara boeing 737” menyatakan moda transportasi yaitu pesawat udara yang memiliki kelebihan bagi masyarakat yang menggunakan transportasi ini. Untuk memberikan keamanan dan kenyamanan bagi masyarakat maka dibuatkan sebuah agenda perawatan berkala dan bersinambung baik dilakukan dalam pabrik, dinas kelayakan udara (*authority*) operator, maupun perusahaan perawatan pesawat udara. Oleh karena itu moda transportasi udara yaitu pesawat udara termasuk berisiko tinggi (*high risk*). Pesawat memiliki kerusakan seperti korosi pada struktur pesawat terbang, maka dari itu untuk mengurangi korosi pada struktur pesawat terbang yaitu mengetahui dampak yang ditimbulkan dan penanganannya terhadap korosi..

Metode Penelitian

Rancangan Penelitian

Untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada komponen *windshield* pada pesawat *Boeing 737 Next Generation* maka penulis akan melakukan analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Untuk analisis kualitatif akan menggunakan metode *failure mode effect and analysis* (FMEA) yang bertujuan untuk mencari penyebab kegagalan yang terjadi pada komponen *windshield*. Hasil dari perhitungan nilai RPN dengan nilai tertinggi yang dapat menentukan penyebab permasalahan utama dari kegagalan pada komponen *windshield*. Analisis kuantitatif yang menggunakan metode *reliability* dengan perhitungan probabilitas dalam distribusi *Weibull*. Perhitungan kehandalan bertujuan untuk menentukan batas waktu kritis dalam operasional pada komponen *windshield* sehingga hasil dari perhitungan kehandalan yaitu penentuan jadwal pemeliharaan yang efektif (*effective schedule maintenance*) dan merencanakan *preventive maintenance* dengan tujuan untuk mengurangi penyebab-penyebab kegagalan yang terjadi pada komponen *windshield*.

Tempat dan Waktu Penelitian

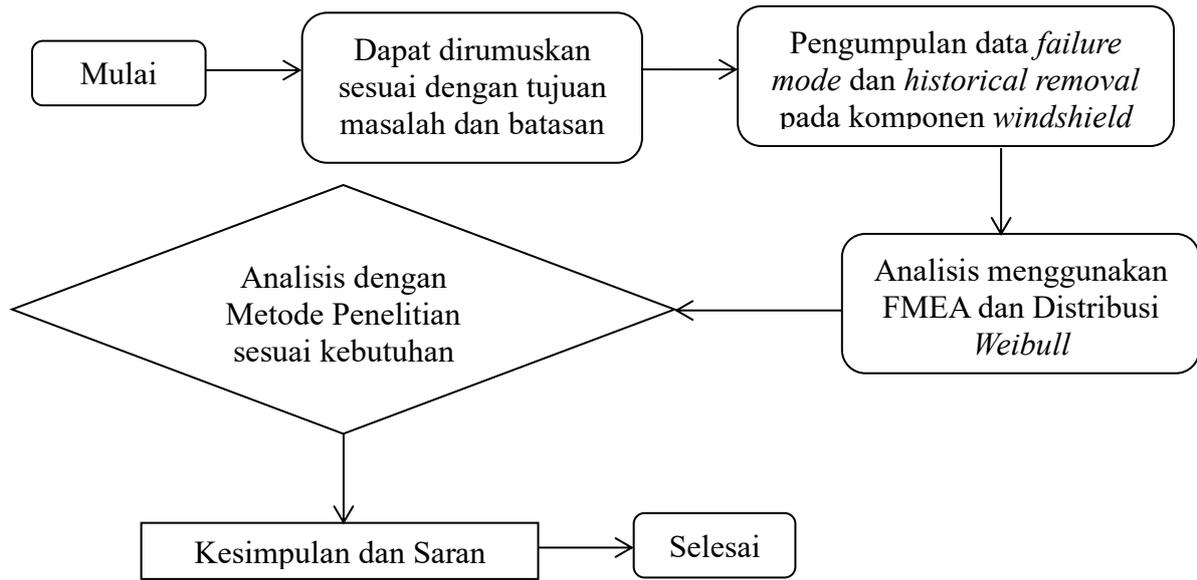
Tempat untuk dilaksanakan sebagai objek penelitian yaitu di *Batam Aero Technic* yang terletak pada Batu Besar, Kecamatan Nongsa, Kota Batam, Kepulauan Riau dan pada waktu penulis akan melaksanakan pengambilan data penelitian yaitu pada periode 15 Maret 2021 sampai dengan 6 Mei 2021.

Teknik Pengumpulan Data

Dalam melakukan pengumpulan data untuk dianalisis pada penelitian ini, penulis akan melakukan beberapa cara sebagai berikut:

- a. Wawancara (*interview*) digunakan pada penelitian untuk mendapatkan informasi tentang data riwayat pemeliharaan komponen *windshield* yang dimiliki oleh perusahaan tersebut.
- b. Observasi lapangan dilakukan untuk mengamati suatu kegiatan yang berhadapan langsung dengan keadaan yang sebenarnya yang terjadi dalam perusahaan yang berhubungan dengan permasalahan yang diteliti.
- c. Studi pustaka digunakan untuk mencari beberapa referensi dari berbagai peneliti yang sesuai dengan topik penelitian penulis bertujuan untuk memperkuat penelitian yang sedang diteliti dengan baik dan terstruktur.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Tahap Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Pengolahan data yang memerlukan data *historical windshield removal* untuk mengetahui penyebab-penyebab kegagalan yang terjadi pada komponen *windshield* dan pemeliharaan yang sesuai dengan kegagalan tersebut maka penulis melakukan dua cara pengolahan data sebagai berikut:

Pengolahan Data Kualitatif

Dalam pengolahan data kualitatif yang menggunakan metode FMEA untuk mengetahui dan menganalisis pada komponen *windshield* yang mengalami kegagalan yang disebabkan oleh *heating system* pada *window*. Untuk mengetahui penyebab kegagalan yang terjadi pada komponen *windshield* dengan menggunakan FMEA yaitu dengan perhitungan hasil dari nilai RPN yang tertinggi berdasarkan skala tingkat risiko yang terlihat pada tabel 1 Hasil dari perhitungan RPN yang didapat dari *severity*, *occurance*, dan *detection* maka menghasilkan data yang terlihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil data FMEA dengan kategori yang sesuai dengan nilai RPN

No.	Komponen	Potential Failure mode	Potential effect of failure	Potential Cause Of Failure
1.	windshield	Delamination	window mengalami delamination.	delaminasi pada windshields disebabkan kurangnya adhesi interlayer sehingga terjadi pemisahan antar interlayer dari salah satu window di dalam laminasi windshields.
2.	windshield	Crack	outer glass window yang mengalami arching hingga crack	crack pada windshield dapat mengakibatkan pergantian komponen windshields
3.	windshield	Arching	window mengalami arching hingga	arching yang terjadi pada windshields disebabkan oleh konslet dalam

interlayer diakibatkan *crack* konduktor listrik yang mengakibatkan *heating system* tidak beroperasi dengan baik.

Tabel 6. Hasil data FMEA dengan kategori yang sesuai dengan nilai RPN (lanjutan)

No	Komponen	Potential Failure mode	SEV	OCC	DEC	RPN	Kategori
1.		<i>Delamination</i>	5	6	2	60	L
2.	<i>Windshield</i>	<i>Crack</i>	8	9	2	144	M
3.		<i>Arching</i>	6	8	2	96	M

Hasil yang ditunjukkan pada tabel 2 yang berdasarkan hasil analisis perhitungan RPN dalam menggunakan FMEA bahwa terdapat tiga kegagalan yang terjadi pada komponen *windshield* sehingga hasil nilai RPN memperoleh tiga kegagalan yaitu *delamination* dengan nilai RPN sebesar 60 kategori *Low*, *crack* dengan nilai RPN sebesar 144 kategori *Medium* yang menyebabkan *windshield* mengalami *crack* atau retak pada window, dan *arching* dengan nilai RPN sebesar 96 kategori *Medium* yang merupakan akibat dari *arching* yang terjadi pada *windshield* disebabkan oleh korsleting dalam konduktor listrik yang mengakibatkan *heating system* tidak beroperasi dengan baik.

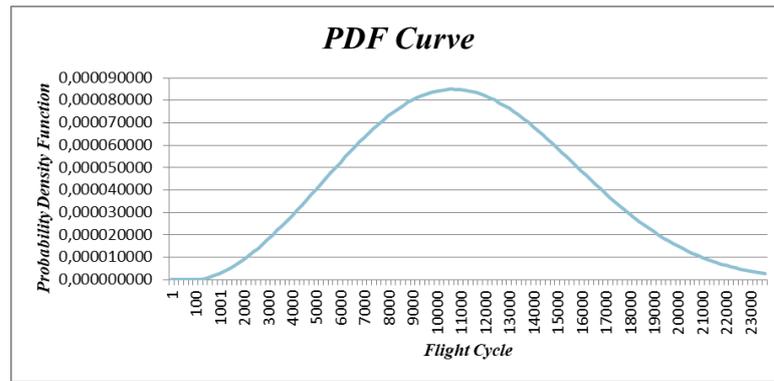
Pengolahan Data Kuantitatif

Pengolahan data kuantitatif dilakukan pada metode *reliability* dengan perhitungan *probability density function* (PDF) distribusi *weibull* dua parameter dengan bantuan pengolahan data menggunakan *microsoft excel* yang memerlukan data *historical windshield removal* untuk mendapatkan nilai kehandalan (*reliability*), *failure rate*, dan *Mean Time To Failure* (MTTF) sehingga dapat menemukan batas waktu kritis pada komponen *windshield* yaitu *shape parameter* dan *scale parameter* dengan interval variasi setiap penambahan 200 *flight cycle*. Untuk hasil yang didapat menggunakan distribusi *Weibull* dua parameter sebagai berikut:

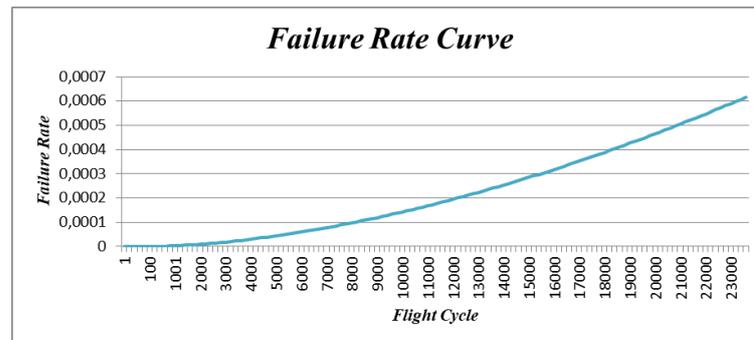
Tabel 7. Hasil perhitungan parameter komponen *windshield*

Parameter	Rank Regression on Y	Rank Regression on X
<i>Beta</i> (β)	2,302108012	2,704258831
<i>Intercept</i> (C)	-21,83028808	-25,54705577
<i>Eta</i> (θ)	13.131	12.670
MTTF (Γ)	11.633	11.267

Berdasarkan yang ditunjukkan pada tabel 4 mendapatkan nilai parameter bentuk (β) memperoleh perhitungan *slope* nilai Y dan X plot, lalu nilai *intercept* mendapatkan hasil dari regresi linier yang memotong sumbu Y yang kemudian nilai parameter bentuk dan *intercept* yang dihitung dengan cara pembagian *exponent* sehingga mendapatkan nilai *eta* (θ). Dari nilai *eta* yang digunakan untuk menghitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) sehingga mendapatkan nilai *Rank Regression on Y* (RRY) sebesar 11.633 *flight cycle* dan nilai *Rank Regression on X* (RRX) sebesar 11.267 *flight cycle*. Dari nilai yang telah dihitung sebelumnya maka dapat hasil perhitungan *reliability* dan *failure rate* pada komponen *windshield* yang terlihat pada gambar 3 dan gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik *reliability* pada komponen *windshields*



Gambar 4. Grafik *failure rate* pada komponen *windshields*

Pada hasil nilai *reliability* yang menunjukkan telah berada pada *wear-out zone* dimana kegagalan terus-menerus meningkat sering bertambahnya waktu hingga pada titik puncak (*peak*) sebagai batas antara *potential failure* dengan *functional failure* yang kemudian melakukan *preventive maintenance* yang diperlukan untuk komponen yang berada pada *wear-out zone* dengan *lifetime critical* sebesar 8600 jam. Perencanaan *maintenance* terhadap komponen *windshield* dengan *part number* 141A4800-1 dan 141A4800-2 adalah hasil perhitungan dengan menggunakan metode *reliability* sehingga mendapatkan *critical lifetime* pada komponen *windshield* dari nilai *reliability* pada komponen *windshield* memiliki batas pada angka minimal 0,70 atau dalam presentase 70% sesuai dengan ketentuan standar industri indonesia.

Kesimpulan

Pada mode kegagalan (*failure mode*) yang terjadi pada komponen *windshield* dengan *part number* 141A4800-1 dan 141A4800-2 pada pesawat *Boeing 737-NG* yang dianalisis menggunakan metode *Failure Mode Effect and Analysis* dimana terdapat tiga mode kegagalan, tiga kegagalan tersebut diantaranya yaitu *delamination* dengan hasil nilai RPN sebesar 60 kategori *low*, *crack* dengan hasil nilai RPN sebesar 144 kategori *medium*, dan *arching* dengan hasil nilai RPN sebesar 96 kategori *medium* pada komponen *windshield*. Perencanaan aktivitas *maintenance* di tentukan dari hasil perhitungan *reliability* untuk mengetahui batas waktu kritis operasional pada komponen *windshield*. Hasil dari perhitungan *reliability* tersebut dapat menentukan jadwal dan aktivitas dalam *maintenance* pada komponen *windshield* adalah 8600 jam terbang dengan nilai *reliability* sebesar 70% (t).

Saran untuk penelitian selanjutnya yang akan melakukan penelitian tentang penentuan jadwal *maintenance* dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), melakukan penelitian menggunakan *maintenance cost*, konsep *reliability* menggunakan parameter lain sebagai perbandingan parameter.

Daftar Pustaka

- Bangun, I. H., Rahman, A. and Darmawan, Z. (2014) 'Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Mesin *Blowing* OM (Studi Kasus : PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang)', *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri (JRMSI)*, 2(5), pp. 997–1008.
- Blishke R, W. and Murthy Prabhakar, D. . (2000) *Reliability-Modeling, Prediction, and Optimization*. Edited by V. Barnett et al. Canada: John Wiley & Sons, Inc. All. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118150481>.
- Cahyabuana, B. D. and Pribadi, A. (2015) 'Konsistensi Penggunaan Metode FMEA (*Failure Mode Effects and Analysis*) terhadap Penilaian Risiko Teknologi Informasi (Studi kasus: Bank XYZ)', *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, p. 9.
- Dr David J Smith (2005) *RELIABILITY, MAINTAINABILITY AND RISK. seventh ed, Practical methods for engineers Seventh Edition. seventh ed.* Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Ebeling, C. E. (1997) *An Introduction to Reliability & Maintainability Engineering*. Edited by E. M. Munson and J. M. Morris. Boston, Massachusetts Burr Ridge, Illinois.: McGraw-Hill Companies, Inc. doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1638\(199807/08\)14:4%3C295::AID-QRE197%3E3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1638(199807/08)14:4%3C295::AID-QRE197%3E3.0.CO;2-Y).
- Kardos, P., Lahuta, P. and Hudakova, M. (2021) 'Risk Assessment Using the FMEA method in the Organization of Running Events', *Transportation Research Procedia*. Elsevier B.V., 55, pp. 1538–1546. doi: 10.1016/j.trpro.2021.07.143.
- Liu, L. et al. (2012) 'Investigation of the bird shape effects on the simulation results of bird striking laminated aircraft windshields', *Advanced Materials Research*, 418–420, pp. 72–76. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.418-420.72. September 16.
- Rosyidin, A. (2017) 'Perbaikan , Dampak Korosi Pada Pesawat Udara Boeing 737', *Perbaikan , Dampak Korosi Pada Pesawat Udara Boeing 737*, pp. 5–8.
- Setiawan, F., Purwantiningsih, Y. T. and Wicaksono, D. (2021) 'Schedule Planning and Maintenance Activities Auxiliary Power Unit (APU) Boeing 737-500 Aircraft With Reliability Method', *Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO)*, 3(November), pp. 91–102. doi: 10.54706/senastindo.v3.2021.130.
- Taufik, T. and Septyani, S. (2016) 'Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Turbin Di PT Pln (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin', *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 14(2), p. 238. doi: 10.25077/josi.v14.n2.p238-258.2015.
- Warsiyanto, B. A. (2020) 'Bird Strike Analysis on 19 Passenger Aircraft Windshield with Different Thickness and Impact Velocity', *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 5(2). doi: 10.35894/jtk.v5i2.5.