

ANALISIS KEANDALAN IGNITION LEADS P/N 9043185-16 PADA ENGINE CFM56-3 PESAWAT BOEING 737-300 DI PERUSAHAAN XYZ

Dimas Saputra Wijaya^{1*}, Bhima Shakti Arrafat², Muhamad Faridh Al Farisy³

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug; Jl. Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Kec. Legok, Kabupaten Tangerang, Banten 15820; +62 895 18555550

Keywords:

Ignition Leads; Ignition System; MTTF; Reliability.

Correspondent Email:

diswijaya16@gmail.com

Abstrak. *Ignition system* pada *engine* pesawat terbang merupakan faktor krusial dalam menjamin performa dan keselamatan penerbangan terutama pada saat *take-off*, *landing* dan cuaca buruk serta turbulensi. Kerusakan pada salah satu komponen *ignition system* dapat menyebabkan pesawat mengalami kegagalan *starting engine*, salah satu komponen penting dalam *ignition system* adalah *ignition leads* yang berfungsi untuk mengkoneksikan *ignition exciter* dengan *igniter plug*. Kegagalan pada *ignition leads* dapat menyebabkan tidak terjadinya percikan bunga api dikarenakan terhentinya aliran tegangan tinggi yang berfungsi sebagai pemicu terjadinya pembakaran campuran udara dan bahan bakar. Untuk memastikan keselamatan dan kinerja pesawat yang optimal maka harus dipastikan nilai keandalannya menggunakan distribusi *weibull*, yang telah banyak digunakan pada dunia penerbangan dan telah menjadi standar dalam menentukan umur komponen guna membuat rencana perawatan serta penggantian komponen tersebut secara efektif. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan distribusi *weibull* guna menghitung Mean Time to Failure (MTTF) sebagai prediksi kapan suatu sistem atau komponen tidak dapat beroperasi kembali, dengan hasil usulan jadwal perawatan diharapkan dapat mencegah terjadinya kegagalan dan meningkatkan nilai keandalan pada komponen tersebut.



Copyright © [JITET](#) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. *The ignition system in an aircraft engine is a crucial factor in ensuring flight performance and safety, especially during takeoff, landing, bad weather, and turbulence. Damage to any component of the ignition system can cause the aircraft to experience engine starting failure. One important component in the ignition system is the ignition leads, which connect the ignition exciter to the igniter plug. Failure of the ignition leads can prevent sparks from occurring due to the interruption of the high voltage current that triggers the combustion of the air and fuel mixture. To ensure optimal aircraft safety and performance, reliability must be ensured using the Weibull distribution, which is widely used in aviation and has become the standard for determining component life, thereby enabling effective planning of maintenance and component replacement. The collected data is analyzed using the Weibull distribution to calculate the Mean Time to Failure (MTTF) as a prediction of when a system or component will no longer be able to operate. The proposed maintenance schedule is expected to prevent failures and improve the reliability of these components.*

1. PENDAHULUAN

Komponen utama yang harus senantiasa dijaga keandalan dan kelaikannya pada pesawat adalah *engine* (mesin), yang kinerjanya sangat memengaruhi performa pesawat ketika mengudara [1]. *Engine* (mesin) merupakan energi dan sumber gaya dorong yang membutuhkan perhatian serius karena perannya yang besar [2].

Ignition system (sistem pengapian) pada *turbine engine* (mesin turbin) adalah hal yang utama karena digunakan sebagai siaga agar pembakaran campuran udara dan bahan bakar terus terjadi selama dalam kondisi yang tidak ideal seperti *take-off*, *landing*, *turbulence* dan cuaca buruk [3]. Pesawat bisa mengalami kegagalan *starting engine* yang disebabkan oleh terjadinya kerusakan pada salah satu komponen *ignition system* (sistem pengapian) [4]. Komponen tersebut terdiri dari *Ignition Exciter*, *Ignition Lead* dan *Spark Igniter*.

Mengkoneksikan *ignition exciter* dengan *spark igniter* adalah tugas dari *ignition lead*, yang berfungsi menyalurkan *high voltage pulses* untuk menciptakan loncatan bunga api agar *engine* (mesin) dapat menyala dan menghasilkan gaya dorong. *Ignition exciter* beroperasi pada input 105-122 volts ac, 380-420 Hz. Menghasilkan dua output, yaitu *high energy exciter* (15-20 Kv, 2 percikan per detik dan 2 joule setiap percikan) dan *low energy exciter* (14-18 Kv, 1 percikan per detik dan 1,2 joule setiap percikan) [5].

Program perawatan yang terstruktur menjadi salah satu elemen penting sebagai pendukung efektivitas perusahaan beroperasi dalam potensi mengurangi aspek kerugian operasional dan kerugian biaya perawatan. Manajemen yang dapat memperhitungkan tingkat keandalan dan ketersediaan barang yang sesuai dengan umur penggunaannya, akan memiliki nilai lebih dalam program merencanakan perawatan pesawat udara [6].

Dengan terbatasnya ketersediaan stok dan terjadinya kerusakan komponen *ignition lead* pada salah satu pesawat di perusahaan XYZ, disebabkan oleh patahnya *ceramic insulator* mengakibatkan putusnya aliran *electrical pulse* yang dihasilkan oleh *ignition exciter* melalui *ignition leads* ke *spark igniter*. Hal tersebut berdampak pada tidak terjadinya percikan bunga api dan memicu kegagalan *starting engine*.

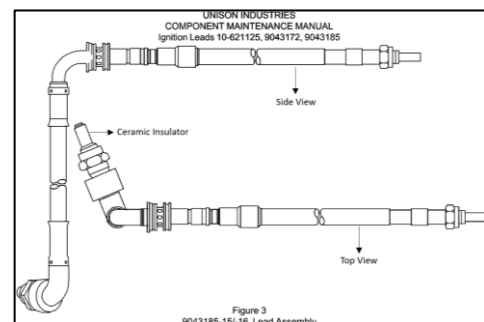
Metode yang digunakan dalam upaya meningkatkan keandalan, berdasarkan penelitian Napitulu & Tobing (2013) [7] Distribusi *Weibull* secara luas dimanfaatkan sebagai pendekatan matematis dalam menghitung tingkat kegagalan, menilai keandalan, serta memperkirakan sisa umur pakai dari berbagai jenis peralatan.

Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai keandalan dan mendapatkan prediksi kapan komponen akan mencapai titik kerusakan. Prediksi merupakan usaha meramalkan kondisi di masa depan menggunakan data lampau yang dihitung dan dianalisis [8], guna mencegah kejadian terulang dan memberikan usulan jadwal perawatan pada komponen *ignition lead* P/N 9043185-16.

2. TINJAUAN PUSTAKA

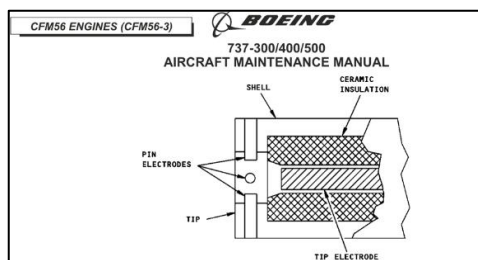
2.1 Ignition Lead

Ignition lead atau kabel pengapian berfungsi untuk mengkoneksikan antara *ignition exciter* dengan *spark igniter* [9] yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Ignition Lead* P/N 9043185-16

Ketika *ignition exciter* menyalurkan *high voltage pulses* melalui *ignition lead* ke *spark igniter* akan menciptakan loncatan bunga api yang terjadi antara *tip electrode* dan *pin electrode*, gambar 2 menunjukkan tempat terjadinya loncatan bunga api. Hal tersebut menyebabkan disekitar lubang pada *spark igniter* menjadi terionisasi yang memicu terjadinya pembakaran campuran udara dan bahan bakar, agar *engine* (mesin) dapat menyala dan menghasilkan gaya dorong [5].



Gambar 2. Spark Igniter

2.2 Distribusi Weibull

Analisis *weibull* digunakan pada dunia penerbangan dan telah menjadi standar dalam menentukan umur komponen pada pesawat terbang [10]. Distribusi *weibull* memiliki peranan penting mengenai keandalan (*reliability*) dan analisis rawatan (*maintability*), distribusi *weibull* sering digunakan untuk menuntaskan berbagai permasalahan dalam keandalan (*reliability*) menggunakan estimasi parameter [11].

1. Shape Parameter (β)

Beta (β) adalah parameter dalam menentukan tingkat kerusakan-kerusakan yang sering terjadi [12].

- Jika nilai $\beta < 1$ ditunjukkan sebagai kerusakan berkurang sejalan dengan waktu, biasa dikenal sebagai *early life failure*. Hal tersebut dapat disebabkan oleh masalah ketika produksi, stres yang tidak memadai, kesalahan saat perakitan dan kesalahan saat perbaikan.
- Jika nilai $\beta = 1$ ditunjukkan sebagai kerusakan terjadi secara konstan, menandakan kerusakan terjadi secara random (tidak dipengaruhi oleh alat atau mesin) yang dapat dikarenakan *human error*, kesalahan perawatan dan kegiatan yang merusak lainnya.
- Jika nilai $1 < \beta < 4$ ditunjukkan sebagai kerusakan meningkat sejalan dengan waktu, biasa disebut *wearout zone*. Hal tersebut dapat dikarenakan oleh korosi, erosi dan sebagainya.

2. Scale Parameter (η)

Eta (η) merupakan karakteristik usia suatu komponen akan mengalami kegagalan [13].

2.3 Keandalan (*Reliability*)

Keandalan merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi kelancaran kinerja suatu sistem, sehingga dapat diartikan sebagai kapabilitas dari suatu komponen untuk dapat melaksanakan fungsinya tanpa mengalami kegagalan dalam operasionalnya selama periode waktu yang telah ditentukan [14].

2.4 MTTF (*Mean Time to Failure*)

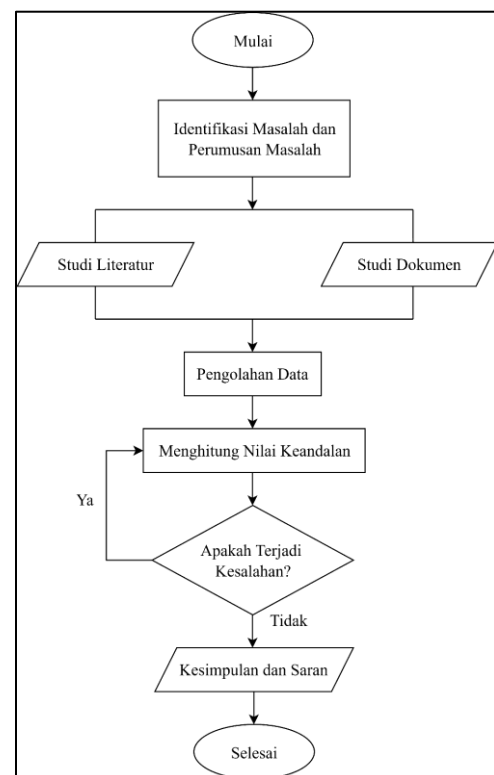
Mean Time to Failure adalah prediksi kapan suatu komponen mencapai titik kerusakan atau tidak dapat beroperasi kembali [12].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan data yang diperoleh pada perusahaan XYZ dalam kurun waktu 5 tahun, yaitu 2020 hingga 2024. Terdapat 22 *unscheduled removal* pada komponen *ignition lead* P/N 9043185-16 pada pesawat Boeing 737-300.

3.1 Diagram Alir

Adapun gambaran visual yang dapat dilihat pada gambar 3, menunjukkan tahapan bagaimana proses penelitian berjalan dari awal hingga akhir.



Gambar 3. Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan tahap identifikasi masalah dan perumusan masalah, pada tahap ini penulis mengamati situasi atau fenomena yang ada untuk menemukan masalah, kemudian merumuskan bentuk pertanyaan yang jelas dan relevan.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Dari masalah tersebut perlu dilakukan studi literatur dan studi dokumen.

1. Studi Dokumen

Pengumpulan data dengan cara mengumpulkan dan menganalisis dokumen atau data yang dilakukan penulis untuk melaksanakan penelitian pada komponen Ignition Leads P/N 9043185-16. Berikut data yang penulis kumpulkan:

- Aircraft Maintenance Manual* Boeing 737-300/400/500 Chapter 74 Ignition (CFM56 Engines (CFM56-3))
- Maintenance Planning Data* Boeing 737-300/400/500
- Component Maintenance Manual* Unison 74-21-12 Ignition Lead P/N 9043185-16.
- Data *Unscheduled Removal* komponen *ignition lead* P/N 9043185-16 di perusahaan XYZ.

2. Studi Literatur

Pemahaman yang dilakukan penulis untuk mengetahui teori dari komponen *ignition lead* P/N 9043185-16.

Hasil dari kedua studi tersebut data yang diperoleh di analisis dan diolah menggunakan distribusi *weibull*, kemudian dilakukan proses menghitung nilai keandalan dengan bantuan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan tingkat keandalan pada komponen yang diteliti.

Dikarenakan dalam menghitung nilai keandalan menyertai banyak angka dan perhitungan, maka hasil perhitungan tersebut harus diperiksa guna mengetahui terdapat kesalahan atau tidak. Jika terjadi kesalahan maka perhitungan dilakukan kembali dengan teliti untuk hasil yang akurat, jika hasil sudah akurat maka perhitungan tersebut dapat di simpulkan sesuai dengan rumusan masalah dan

saran yang memberikan rekomendasi untuk dapat digunakan di kemudian hari.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Analisa dilaksanakan berdasarkan data mengenai komponen *ignition lead* pada pesawat Boeing 737-300 di perusahaan XYZ yang mengalami *unscheduled removal* dengan cara menentukan parameter menggunakan TTF (*Time to Failure*), data tersebut sebagai berikut:

Tabel 1. Data *Unscheduled Removal Ignition Leads* P/N 9043185-16

No	Date	TTF
1	19 Jan 2020	5183
2	26 Feb 2020	2483
3	03 Mar 2020	3188
4	10 Mar 2020	1273
5	09 Jan 2021	6289
6	16 Feb 2021	3222
7	01 May 2021	3947
8	07 May 2021	5763
9	21 Dec 2021	1655
10	10 Feb 2022	2936
11	27 Feb 2022	3805
12	14 Mar 2022	3516
13	28 Apr 2022	1872
14	15 Jun 2022	2763
15	10 Sep 2022	3503
16	14 Jan 2023	3024
17	27 Jun 2023	2694
18	28 Jul 2023	3006
19	08 Aug 2023	3711
20	22 Jan 2024	3449
21	16 Apr 2024	2792
22	28 Jul 2024	3164

4.2 Menentukan dan Menghitung Nilai Parameter Distribusi Weibull

Abernethy (2010) di dalam bukunya menyatakan bahwa praktik terbaik metode standar untuk sampel kecil ukuran 2 hingga 100 adalah dua parameter, menggunakan *X on Y* dan *median rank regression weibull* [12].

Pengolahan data menggunakan regresi linear sehingga didapatkan nilai *shape parameter* (β) dan *scale parameter* (η) dengan pendekatan *median rank* yang perlu terlebih dahulu data tersebut di urutkan dari nilai *Time to Failure* (TTF) yang terkecil hingga terbesar.

4.3 Median Rank

Perkiraan parameter didapatkan dengan menentukan simpangan kuadrat X dan Y menggunakan median rank pada persamaan (1).

$$MR = \frac{(i - 0,3)}{(n + 0,4)} \quad (1) [12]$$

$$MR = \frac{(1 - 0,3)}{(22 + 0,4)}$$

$$MR = 0,03125$$

Keterangan:

i : Urutan kegagalan

n : Jumlah sampel

Persamaan tersebut merupakan contoh menggunakan urutan pertama, untuk perhitungan urutan selanjutnya hingga akhir dapat dilihat pada tabel 2.

4.4 Regresi Linear

Dilakukan dengan langkah awal mencari nilai X menggunakan persamaan (2).

$$X = \ln \left(\ln \left(\frac{1}{1 - \text{Median Rank}} \right) \right) \quad (2) [12]$$

$$X = \ln \left(\ln \left(\frac{1}{1 - 0,03125} \right) \right)$$

$$X = \ln \left(\ln \left(\frac{1}{0,96875} \right) \right)$$

$$X = \ln(\ln(1,032258064516129))$$

$$X = \ln(0,0317486983)$$

$$X = -3,449903552$$

Dari nilai X dapat diperoleh nilai Y menggunakan persamaan (3).

$$Y = \ln(\text{failure time}) \quad (3) [12]$$

$$Y = \ln(1273)$$

$$Y = 7,149131599$$

Yang dimana $(\ln)$ merupakan Logaritma natural. Persamaan (2) dan (3) merupakan contoh menggunakan urutan *time to failure* pertama, untuk perhitungan urutan selanjutnya hingga akhir dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Regresi Linear

No	TTF	Median Rank	X	Y	XiYi	Xi²	Yi²
1	1273	0.03125	-3.449903552	7.149131599	-24.6638145	11.90183452	51.11008261
2	1655	0.075892857	-2.539228628	7.411556288	-18.8196359	6.447682025	54.93116661
3	1872	0.120535714	-2.052275323	7.534762657	-15.46340746	4.211834	56.7726483
4	2483	0.165178571	-1.711817127	7.817222786	-13.38165585	2.930317875	61.10897208
5	2694	0.209821429	-1.446059995	7.898782357	-11.42211318	2.091089509	62.39076272
6	2763	0.254464286	-1.225359071	7.924072325	-9.709833901	1.501504852	62.79092221
7	2806	0.299107143	-1.03451067	7.939515261	-8.213513249	1.070212326	63.03590257
8	2936	0.34375	-0.864615531	7.98480339	-6.903785022	0.747560016	63.75708517
9	3006	0.388392857	-0.709957432	8.00836557	-5.685598658	0.504039556	64.13391911
10	3024	0.433035714	-0.56658684	8.014335737	-4.540817159	0.321020647	64.22957731
11	3164	0.477678571	-0.431595374	8.059592329	-3.478482763	0.186274567	64.95702851
12	3188	0.522321429	-0.302704726	8.06714904	-2.441964143	0.091630151	65.07889363
13	3222	0.566964286	-0.178008782	8.077757564	-1.437911787	0.031687127	65.25016726
14	3449	0.611607143	-0.055789775	8.145839613	-0.454454555	0.003112499	66.354703
15	3503	0.65625	0.065638507	8.161375023	0.535700468	0.004308414	66.60804227
16	3516	0.700892857	0.18809936	8.165079259	1.535846184	0.035381369	66.6685193
17	3711	0.745535714	0.313784508	8.219056661	2.579012653	0.098460718	67.5528924
18	3805	0.790178571	0.445645905	8.24407127	3.673936604	0.198600273	67.96471111
19	3947	0.834821429	0.588191105	8.280711076	4.870640597	0.345968776	68.57017592
20	5183	0.879464286	0.749437333	8.553139318	6.41004192	0.561656316	73.1561922
21	5763	0.924107143	0.947181737	8.659213451	8.201848836	0.897153242	74.9819776
22	6289	0.96875	1.242924992	8.746557355	10.87131473	1.544862535	76.50226556
TOTAL	73252	11	-12.02750938	177.0620899	-87.93864614	35.72619132	1427.906607

Selanjutnya mencari nilai B dan A menggunakan persamaan (4) dan (5) yang membutuhkan angka total (Σ) dari nilai X_i dan Y_i pada tabel 2. (i) yang terdapat pada X dan Y merupakan urutan, yang dimana artinya adalah urutan X ataupun urutan Y dari 1,2,3... dan seterusnya.

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n}}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n}} \quad (4) [12]$$

$$B = \frac{-87,93864614 - \frac{-12,02750938 \cdot 177,0620899}{22}}{35,72619132 - \frac{(-12,02750938)^2}{22}}$$

$$B = \frac{8,862078736}{29,15069214}$$

$$B = 0,304009205$$

Untuk mencari nilai A dibutuhkan (*average*) nilai rata-rata dari X dan Y.

$$A = \bar{Y} - B\bar{X} \quad (5) [12]$$

$$A = 8,043050602 - (0,304009205 \times -0,546704972)$$

$$A = 8,214480159$$

Keterangan:

$\bar{Y}$: *Average Y*

$\bar{X}$: *Average X*

n : Jumlah sampel

Setelah nilai B dan A diperoleh dari fungsi regresi linear, maka nilai *shape parameter* (β) dapat ditentukan nilainya menggunakan persamaan (6).

$$\beta = \frac{1}{B} \quad (6) [12]$$

$$\beta = \frac{1}{0,304009205}$$

$$\beta = 3,289374086$$

Hasil persamaan (6) menunjukkan bahwa nilai beta (β) lebih dari 1 ($\beta > 1$), yang artinya tingkat kegagalan meningkat seiring berjalannya waktu karena barang tersebut melemah [12]. Selanjutnya nilai *scale parameter* (η) dapat ditentukan nilainya menggunakan persamaan (7).

$$\eta = e^A \quad (7) [12]$$

$$\eta = 2,718281828^{8,214480159}$$

$$\eta = 3694,055397$$

(e) adalah nilai konstanta dengan ketepatan nilai 2,718281828 [12], nilai *shape parameter* (β) dan *scale parameter* (η) diperoleh dengan nilai pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Distribusi

Parameter	Estimasi
<i>shape parameter</i> (β)	3,289374086
<i>scale parameter</i> (η)	3694,055397

Setelah nilai beta (β) dan eta (η) didapatkan maka nilai *mean time to failure* (MTTF) dan nilai keandalan (*reliability*) dapat diketahui menggunakan persamaan (8) dan (9).

$$MTTF = \eta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \quad (8) [12]$$

$$MTTF = 3694,055397 \Gamma(1 + \frac{1}{3,289374086})$$

$$MTTF = 3694,055397 \Gamma(1,304009205)$$

$$MTTF = 3694,055397 \cdot 0,896870294$$

$$MTTF = 3313,08$$

Dari hasil persamaan (8) menunjukkan bahwa rata-rata kegagalan dari komponen terjadi pada 3313 *flight hours*.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (9) [12]$$

$$R(t) = 2,718281828^{-\left(\frac{3313,08}{3694,055397}\right)^{3,289374086}}$$

$$R(t) = 2,718281828^{-(0,896846323)^{3,289374086}}$$

$$R(t) = 2,718281828^{-0,69899154}$$

$$R(t) = 0,497086343$$

$$R(t) = 49,71\%$$

Pada persamaan (9) periode waktu (t) yang digunakan adalah nilai *mean time to failure* (MTTF) dan hasilnya menandakan bahwa komponen yang masih berfungsi hingga 3313 *flight hours* adalah 49,71% dari jumlah sampel.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perhitungan yang menunjukkan bahwa rata-rata kegagalan terjadi pada 3313 *flight hours*, penulis mengusulkan untuk menyusun interval perawatan setiap 3000 *flight hours* yaitu sebelum waktu rata-rata kegagalan terjadi dan dikarenakan di dalam *Maintenance Planning Data* Boeing 737-300/400/500 interval *check* hanya dilakukan pada 1C (setiap C *check*) yang dilakukan ketika sudah mencapai 4000 *flight hours*.

- a. Interval perawatan yang penulis usulkan berupa *inspection/check* untuk mengetahui kondisi fisik dan menentukan penggantian komponen, serta *continuity test* yang digunakan untuk memeriksa fungsi dari komponen tersebut.
- b. Dikarenakan menambahkan interval perawatan ini akan berpengaruh terhadap biaya, untuk pengembangan lebih lanjut dapat melakukan penelitian mengenai ketersediaan stok dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. N. Fuadi and S. Attamimi, "Sistem Pemantau Kecepatan Angin dan Arah Angin Untuk Engine Ground Run Area Berbasis Internet of Things," *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 3, p. 129, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i3.005.
- [2] F. I. Zain, "Analisis Pengaruh Exhaust Gas Temperature Terhadap High Pressure Turbine Dan Low Pressure Turbine Engine CFM56-3C1 Pesawat Boeing 737-Classic," 2023, [Online]. Available: <https://repository.mercubuana.ac.id/id/eprint/76386>
- [3] S. Mageswaran, P. Karthi, and K. Sridhar, "Studying the trinary area experimentally and optimizing the fuel injector for gas turbine engines," *Gayathri Vidya Parishad Inst. Heal. Care Med. Technol.*, vol. 11, no. 02, 2020.
- [4] N. B. Millenio, "Analisis Engine Will Not Start On One Ignition System Pada Pesawat Boeing 737-500," 2020, [Online]. Available: <https://digilib.sttkd.ac.id/1397/>
- [5] Boeing, "Aircraft Maintenance Manual 737-300/400/500, Chapter 74-CFM56 Engines (CFM56-3)," The Boeing Company, 2017.
- [6] Z. Hidayat, "Kajian Perencanaan Kebutuhan Brake Assy Pesawat Boeing 737-400 Di Salah Satu Perusahaan Penerbangan Indonesia," *Langit Biru J. Ilm. Aviasi*, vol. 12, no. No. 2 (2019), 2019, doi: 10.54147/langitbiru.v12i2.168.
- [7] J. C. Napitupulu and P. S. M. L. Tobing, "Analisis keandalan transformator daya menggunakan metode distribusi weibull," *Singuda Ensikom*, vol. 3, no. 3, pp. 112–117, 2013.
- [8] C. A. Rahayu, "Prediksi Penderita Diabetes Menggunakan Metode Naive Bayes," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3055.
- [9] Unison, *Component Maintenance Manual: Ignition Leads 74-21-12*, no. 10. Unison Industries, 2014.
- [10] Fani and A. Raditya, "Identifikasi Kebocoran Oil Cooler dan Analisis Reliabilitas Komponen Auxiliary Power Unit B737-800.," 2022, [Online]. Available: <https://repository.mercubuana.ac.id/id/eprint/73421>
- [11] L. Ota, "Distribusi Probabilitas Weibull Dan Aplikasinya (Pada Persoalan Keandalan (Reliability) Dan Analisis Rawatan (Maintainability)," *J. Manaj. Pendidik. Islam*, vol. 4, no. 2, pp. 44–66, 2016.
- [12] R. B. Abernethy, *The New Weibull Handbook*, Fifth Edit. 536 Oyster Road, North Palm Beach, Florida 33408-4328 Phone/Fax: 1-561-842-4082, E-mail: weibull@worldnet.att.net, 2010.
- [13] F. K. Rahmawati and S. M. S. Mulyani, "Reliability Analysis of Nose Wheel Assy ATR 72-500," *Conf. Senat. STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 6, pp. 27–34, 2020, doi: 10.28989/senatik.v6i0.404.
- [14] F. Setiawan, E. Sofyan, and D. Muridha C. Putra, "Analisis Reliability Sistem Starter Valve Untuk Merencanakan Aktivitas Maintenance Pada Pesawat Boeing 737 Next Generation Di Pt Gmf Aeroasia," *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 6, no. 2, pp. 92–103, 2020, doi: 10.56521/teknika.v6i2.272.