

ANALISA UNJUK KERJA SPEAKER PADA FASILITAS PERALATAN *CARCALL* DI BANDARA SOEKARNO - HATTA

Nur Rozaq Al Ghani^{1*}, Johan Wahyudi², Arafa Sudarta³

^{1,2,3}Teknik Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia
Email : nurrozagalghani@gmail.com

Received :
22 Mei 2025

Revised :
14 Juli 2025

Accepted :
04 Juli 2025

ABSTRAK

Public Address System (PAS) dan *Carcall* merupakan fasilitas audio pendukung di bandara. PAS digunakan di dalam gedung untuk menyampaikan informasi kepada penumpang, sedangkan *Carcall* digunakan di area luar untuk komunikasi dengan armada kendaraan. Sistem *Carcall* terdiri dari *amplifier* dan *speaker* dengan impedansi tertentu. Ketidakseimbangan antara impedansi dan kapasitas daya dapat menurunkan kualitas suara. Untuk mengidentifikasi akar permasalahan, digunakan *metode Root Cause Analysis* dan *Fishbone Diagram*. Penerapan *Diagram Pareto* menunjukkan bahwa 20% masalah teknis terkait impedansi dan daya menyebabkan 80% gangguan kualitas suara. Penyelesaian masalah ini secara signifikan dapat meningkatkan performa dan durabilitas perangkat *Carcall* di Bandara Soekarno–Hatta.

Kata kunci: Impedansi, Kapasitas Daya, Kualitas suara, Durabilitas peralatan, Keseimbangan Impedansi dan Daya.

ABSTRACT

Public Address System (PAS) and *Carcall* are supporting audio facilities at the airport. PAS is used inside the building to convey information to passengers, while *Carcall* is used in the outdoor area for communication with the vehicle fleet. The *Carcall* system consists of amplifiers and speakers with certain impedances. An imbalance between impedance and power capacity can reduce sound quality. To identify the root of the problem, the *Root Cause Analysis* and *Fishbone Diagram* methods are used. The application of the *Pareto Diagram* shows that 20% of technical problems related to impedance and power cause 80% of sound quality disturbances. Solving this problem can significantly improve the performance and durability of the *Carcall* device at Soekarno–Hatta Airport.

Keywords: Impedance, Power capacity, Sound quality, Equipment Durability, Impedance and Power balance

PENDAHULUAN

Sistem *Carcall* terdiri dari dua komponen utama: *amplifier* dan *speaker*. Keduanya memiliki nilai resistansi dan impedansi, yaitu hambatan listrik yang diukur dalam satuan ohm (Ω). Pemeliharaan terhadap peralatan elektronika bandara diatur dalam SKEP 157/IX/2003, yang menjadi pedoman nasional untuk pemeliharaan peralatan elektronika dan listrik penerbangan [1]. Terdapat dua jenis pemeliharaan yang diterapkan: *Preventive Maintenance*: pemeliharaan rutin yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan. *Corrective Maintenance*: dilakukan setelah terjadi kerusakan, untuk mengembalikan fungsi peralatan [2] [4].

Untuk menjamin keandalan sistem, digunakan dua indikator performa: MTBF (*Mean Time Between Failure*): rata-rata waktu antar kerusakan sebagai ukuran keandalan. MTTR (*Mean Time to Repair*): rata-rata waktu perbaikan untuk meminimalkan waktu henti (*downtime*) [9]. *Availability* merupakan perhitungan nilai persediaan suatu peralatan [6]: Kedua indikator ini digunakan sebagai bagian dari penerapan *Standar Operasional Prosedure* (SOP) dalam operasional dan pemeliharaan peralatan [2]. Guna meningkatkan keandalan serta mengurangi kegagalan pada peralatan *carcall*, maka penulis mengajukan judul "Analisa unjuk kerja *Speaker* pada fasilitas peralatan *carcall* di Bandara Soekarno – Hatta". latar belakang masalah yang telah diuraikan, penulis merumuskan beberapa pertanyaan sebagai berikut: Seberapa tinggi tingkat keandalan peralatan *Amplifier dan Speaker* sesuai dengan laporan pemeliharaan yang ada?, Bagaimana cara meningkatkan keandalan peralatan *Amplifier dan Speaker*?, Berapa persentase selisih *error* yang mungkin ditemukan antara perhitungan impedansi dan pengukuran menggunakan *impedance meter*?, Apa saja faktor yang dapat menyebabkan penurunan durabilitas antara *Amplifier dan Speaker*?, Apa saja faktor yang dapat meningkatkan durabilitas antara *Amplifier dan Speaker*?

Dalam sistem *Carcall*, *amplifier* berperan sebagai komponen utama yang menentukan jangkauan dan kualitas distribusi suara. Berdasarkan impedansinya, *amplifier* dibagi menjadi dua jenis: High Impedance Amplifier Digunakan untuk sistem dengan jumlah *speaker* yang banyak dan bentangan kabel yang panjang. Low Impedance Amplifier Digunakan untuk sistem dengan sedikit *speaker* dan jarak instalasi pendek.

Speaker adalah perangkat yang mengubah arus listrik menjadi gelombang suara. *Speaker* diklasifikasikan berdasarkan impedansinya menjadi dua jenis: *Speaker High Impedance* Digunakan untuk: Instalasi dengan banyak *speaker* dan kabel yang panjang. *Speaker Low Impedance* Digunakan untuk sistem dengan jumlah *speaker* sedikit dan instalasi jarak pendek. Serta kabel penghantar yang digunakan pada rangkaian parallel *speaker* yaitu kabel tembaga tunggal (*solid core*) dan kabel tembaga serabut (*stranded core*). Tools yang digunakan seperti Avo meter atau Multitester, Impedance meter, Desibel Meter atau dB meter dengan sesuai dengan Kepmenaker Nomor per-51/MEN/1999, ACGIH, 2008 dan SNI 16-7063-2004, Nilai Ambang Batas kebisingan adalah 85 dB (desibel) [3]. Dengan rumus rumus sebagai berikut :

Tabel 1. Rumus MTTR, MTBF dan *Availability*

Sitasi jurnal	Judul jurnal	Rumus
[5] R. Nawe, dkk. 2018	<i>analisis performance maintenance</i> pada peralatan utama pengeboran minyak di pt geo link Nusantara	
[6] A. Pramana Putra and T. Suryatman, 2020.	<i>Evaluasi Overall Equipment Effectiveness</i> Sebagai Upaya Perbaikan Produktivitas Mesin Produksi Kain <i>Non-Wovens</i> (Studi Kasus PT. Megah Sembada Industries)	$Availability = \frac{Total\ Operating\ Time}{Activity\ Time} \times 100\%$

[7] M. E. Ignatius Deradjad Pranowo 2025	'Sistem dan Manajemen Pemeliharaan,"	$MTBF = \frac{Total\ Available\ Operating\ Time}{Number\ Of\ Failure}$
[8] Silvia Silvia; 2024	<i>Analisis Preventive Maintenance Berdasarkan Mean Time Between Failure (MTBF) Dan Mean Time to Repair (MTTR) Pada Alat Blow Molding Di PT XYZ</i>	
[9] S. Alfionita, Dkk 2023	<i>Preventive Maintenance Analysis Based on Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time to Repair (MTTR)</i>	$MTTR = \frac{Total\ Down\ Time}{Number\ of\ Failure}$

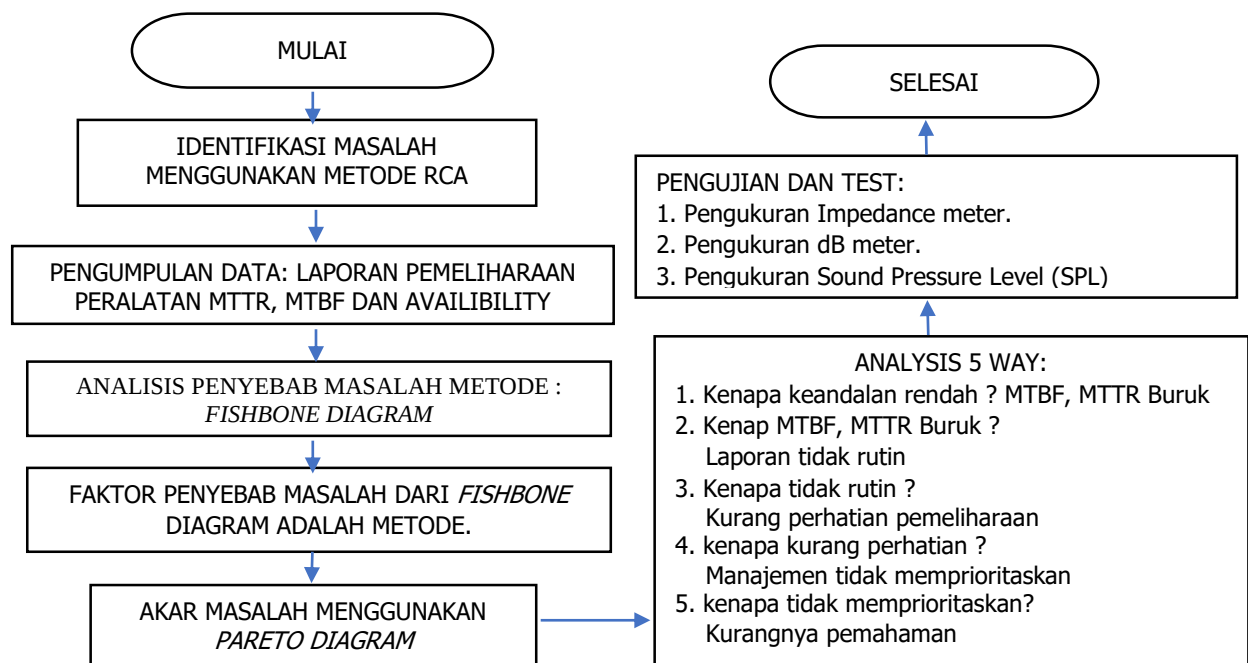
METODE

Berdasarkan tinjauan pustaka, Dengan menggabungkan metode kuantitatif (MTBF, MTTR, *Availability*) dan kualitatif (RCA), pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan solusi yang efektif dan berkelanjutan. Metode yang digunakan antara lain : Pemanfaatan *Root Cause Analysis (RCA)* merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memahami penyebab utama suatu masalah atau kegagalan sistem, bukan hanya gejalanya [10]. Analisis 5 *Why* [11] Metode ini membantu tim memahami masalah lebih dalam dan mencari solusi yang lebih baik. Berikut merupakan langkah-langkah dalam analisis 5 *Why* :

- Mengapa tingkat keandalan *amplifier* dan *Speaker* rendah? Karena perhitungan MTBF, MTTR, dan *availability* menunjukkan hasil yang tidak memuaskan.
- Mengapa perhitungan MTBF, MTTR, dan *availability* tidak memuaskan? Karena laporan pemeliharaan peralatan tidak dilakukan secara rutin atau tidak akurat.
- Mengapa laporan pemeliharaan tidak dilakukan secara rutin atau tidak akurat? Karena kurangnya sumber daya atau perhatian terhadap pemeliharaan peralatan.
- Mengapa kurangnya sumber daya atau perhatian terhadap pemeliharaan terjadi? Karena manajemen tidak memberikan prioritas yang cukup pada pemeliharaan peralatan.
- Mengapa manajemen tidak memberikan prioritas yang cukup pada pemeliharaan? Karena kurangnya pemahaman tentang pentingnya keandalan *amplifier* dan *Speaker* dalam operasional.

Fishbone Diagram untuk untuk Mengidentifikasi akar penyebab masalah secara efektif serta pengelompokan kategori masalah untuk pemecahan yang lebih terstruktur [12] [13]. Dan *Pareto Diagram* menyatakan bahwa 80% dari hasil yang diperoleh berasal dari 20% dari nilai input. Dalam konteks penulisan ini, 20% dari kecocokan kapasitas daya dan impedansi memiliki dampak signifikan terhadap 80% dari durabilitas dan keandalan peralatan *carcall* [14][15].

ANALISA UNJUK KERJA SPEAKER PADA FASILITAS PERALATAN *CARCALL* DI BANDARA SOEKARNO - HATTA



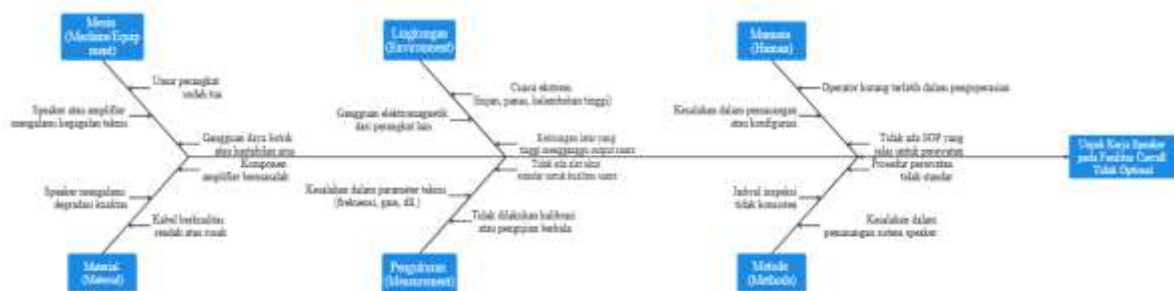
Gambar 1. Flowchart

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Akar Permasalahan dengan Metode RCA

Analisis Akar Penyebab (RCA) dilakukan untuk menentukan penyebab mendasar dari masalah. Beberapa teknik yang digunakan dalam RCA mencakup:

a. *Fishbone Diagram* (Ishikawa)



Gambar 2. Fishbone Diagram

Fishbone Diagram atau Diagram Ishikawa digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap permasalahan utama, yaitu kerusakan dan gangguan operasional *amplifier* serta *Speaker* pada sistem *carcall*. Faktor penyebab dikelompokkan menjadi beberapa kategori utama:

1. Manusia (*People*) : Operator kerap mengatur volume terlalu tinggi tanpa mempertimbangkan kondisi lingkungan, sehingga menyebabkan beban berlebih pada amplifier dan mempercepat kerusakan speaker.
2. Peralatan (*Equipment*) : *Speaker* mengalami degradasi ,Pengukuran impedansi menggunakan *impedance meter* menunjukkan penurunan impedansi dari 42Ω menjadi 38Ω akibat degradasi komponen internal *Speaker*.

- 3). Metode (*Methods*) : Penempatan *Speaker* yang tidak optimal mengakibatkan distribusi suara yang tidak merata, sehingga menyebabkan beban tidak seimbang pada *Amplifier*.
- 4). Lingkungan (*Environment*) : Sistem *carcall* beroperasi di area dengan tingkat kebisingan tinggi, sehingga operator sering meningkatkan *volume* secara berlebihan untuk mengatasi gangguan suara eksternal.
- 5). Material (*Materials*) : Faktor lingkungan seperti kelembaban dan suhu ekstrem dapat menyebabkan korosi pada kabel, sehingga koneksi listrik menjadi tidak stabil dan meningkatkan risiko gangguan.
- 6). Pengukuran (*Measurement*) : Terdapat selisih antara impedansi teoritis dan hasil pengukuran disebabkan faktor lingkungan dan akurasi alat ukur.

b Diagram Pareto.

Penjabaran penerapan *Diagram Pareto* dan role 80/20 dalam penulisan ini. Analogi penulis melihat dari 2 sudut pandang :

Tabel 2. Penjabaran *pareto diagram* 80/20 sudut pandang *customer*

Role 80/20	Jenis	Analogi yang digunakan
80%	Kualitas Suara	Kejernihan, tidak ada noise dan kejelasan merupakan standart dalam penilaian peralatan dalam kondisi normal.
20%	Secara Teknis	Dalam hal teknis berupa perbaikan hanya bersifat minor

Tabel 3. Penjabaran *pareto diagram* 80/20 sudut pandang teknis

Role 80/20	Jenis	Analogi yang digunakan
20%	<i>Case mismatch impedance</i> dan <i>mismatch daya</i>	Dalam hal ini case yang mungkin dianggap minor atau sepele berpengaruh besar pada kualitas suara yang dihasilkan
80%	Durabilitas	Hasil yang diperoleh adalah Durabilitas dengan hasil akhir yaitu kualitas suara

c Analisis 5 Why (Five Why s Analysis)

- 1). Mengapa *amplifier* sering mengalami kerusakan?
Amplifier sering mengalami *overload* akibat ketidakcocokan impedansi speaker.
- 2). Mengapa impedansi *Speaker* tidak sesuai dengan *amplifier*?
Perhitungan teknis menunjukkan ketidaksesuaian antara kapasitas amplifier dan kebutuhan daya speaker. Daya total output speaker adalah 224,71W, mendekati kapasitas maksimum amplifier 240W, menyisakan hanya 6,1% margin.
- 3). Mengapa impedansi *Speaker* tidak sesuai dengan *amplifier*?
Kurangnya pencocokan impedansi dan penghitungan daya sebelum implementasi. Pengukuran menunjukkan perbedaan impedansi sebesar 6Ω (perhitungan 60,9Ω, pengukuran 67Ω).
- 4). Mengapa tidak ada analisis *matching* impedansi dan daya sebelum implementasi?
Sistem evaluasi standar hanya bergantung pada data historis tanpa perhitungan teknis mendetail. Tidak ada penggunaan impedance meter sebelum pemasangan amplifier dan speaker.
- 5). Mengapa standar evaluasi hanya berbasis historis tanpa perhitungan teknis?

Sistem pemeliharaan lebih bersifat reaktif (memperbaiki setelah rusak) daripada proaktif (mencegah kerusakan).

2. Analisa Masa Pemeliharaan:

Hasil evaluasi peralatan fasilitas elektronika dan listrik penerbangan menurut SKEP 157 IX 2003 dibagi dalam 3 kelompok diantaranya :

- 1). kelompok peralatan yang sangat sering mengalami gangguan/ kerusakan dengan nilai ketersediaan < 70 % ;
- 2). kelompok peralatan yang sering mengalami gangguan/ kerusakan dengan nilai ketersediaan 70% < A < 95% ;
- 3). Kelompok peralatan yang jarang mengalami gangguan/ kerusakan dengan nilai ketersediaan ≥ 95 % .

a. Masa pemeliharaan terdiri dari sebelum perbaikan.

- 1). Perhitungan MTTR, MTBF dan *Availability* sebelum dilakukan perbaikan.

Laporan masa pemeliharaan mingguan dengan menggunakan 1 unit *Amplifier* 240W "Type Amp: DA250DH 2 Channel" karakter Amp *High Impedance* tegangan *output* 100V 42 Ω. Perbedaan *zone* 1 dan 2 terdapat pada *channel Amplifier* tersebut pada saat terminasi. Berikut merupakan hasil evaluasi laporan pemeliharaan mingguan periode Januari – Maret 2019:

Tabel 4. Pemeliharaan *zone* 1

Tanggal	<i>Operating Time</i> (harian)	<i>Availability</i> (mingguan)	<i>Operating Time</i> (mingguan)	<i>Down Time</i>	<i>No of Failure</i>
08 s/d 14/01/19	22	10080	8760	2	2
15 s/d 22/01/19	23	10080	8700	1	2
23 s/d 30/01/19	22	10080	10080	2	2
07 s/d 14/02/19	20	10080	8880	4	6
26 s/d 05/03/19	22	10080	8760	2	4
Total	109	50400	45180	11	16

Berikut penjabaran laporan pemeliharaan mingguan sebelum perbaikan *zone* 1 periode januari – maret 2019. Dimana *Availability* (mingguan) di dapat dari : 24Jam x 7hari x 60menit = 10.080 menit. *Operating Time* (mingguan) = *Availability* (mingguan) – (Operating Time harian x 7hari x 60menit). Untuk mencari MTTR, MTBF dan *Availability* menggunakan rumus dibawah ini:

$$MTTR = \frac{\text{Total Down Time}}{\text{Number of Failure}}$$

$$MTTR = \frac{11 \text{ Jam}}{16 \text{ (berapa kali downtime)}}$$

$$MTTR = 0.6888 \text{ jam}$$

$$MTBF = \frac{\text{Total Available Operating Time}}{\text{Number Of Failure}}$$

$$MTBF = \frac{45180}{16}$$

$$MTBF = 2832,75 \text{ menit}$$

$$MTBF = 47,06 \text{ jam}$$

$$Availability = \frac{\text{Total Operating Time}}{\text{activity Time}} \times 100\%$$

$$Availability = \frac{45180}{50400} \times 100\%$$

$$Availability = 0,896 \times 100\% = 89\%$$

Tabel 5. Pemeliharaan zone 2

Tanggal	<i>Operating Time</i> (harian)	<i>Availability</i> (mingguan)	<i>Operating Time</i> (mingguan)	<i>Down Time</i>	<i>No of Failure</i>
08 s/d 14/01/19	22	10080	8760	2	2
15 s/d 22/01/19	23	10080	8700	1	2
23 s/d 30/01/19	22	10080	10080	2	2
07 s/d 14/02/19	20	10080	8880	4	6
26 s/d 05/03/19	22	10080	8760	2	4
Total	109	50400	45180	11	16

Berikut penjabaran laporan pemeliharaan mingguan sebelum perbaikan *zone* periode januari – maret 2019. Hasil perhitungan MTTR, MTBF, dan *Availability* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \frac{\text{Total Down Time}}{\text{Number of Failure}} & \text{Availability} &= \frac{\text{Total Operating Time}}{\text{activity Time}} \times 100\% \\
 \text{MTTR} &= \frac{11 \text{ Jam}}{16 \text{ (berapa kali downtime)}} & \text{Availability} &= \frac{45180}{50400} \times 100\% \\
 \text{MTTR} &= 0.6888 \text{ jam} & \text{Availability} &= 0,896 \times 100\% = 89\% \\
 \text{MTBF} &= \frac{\text{Total Available Operating Time}}{\text{Number Of Failure}} \\
 \text{MTBF} &= \frac{45180}{16} \\
 \text{MTBF} &= 2832,75 \text{ menit} \\
 \text{MTBF} &= 47,06 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

3. Hasil Evaluasi MTTR, MTBF dan *Availability* sebelum dilakukan perbaikan :
 - a. Pengaruh MTTR sering terjadinya *downtime* dan peralatan tersebut tidak beroperasi dikarenakan system *down*.
 - b. Pengaruh MTBF untuk mengukur tingkat keandalan perlatan menurun dengan hasil: 47,06 jam.
 - c. Kategori kerusakan dengan hasil *availability*: 89% sehingga perlu dilakukan mitigasi dan observasi.
 - d. Hasil kondisi sebelum perbaikan dengan menggunakan 1 unit *Amplifier* 240W "Type Amp: DA250DH 2 Channel" karakter Amp *High Impedance* tegangan *output* 100V 42 Ω tidak memenuhi kebutuhan *Speaker* eksisting yang ada di *carcall*.
4. Perhitungan *Matching Impedance* dan kapasitas daya sebelum perbaikan

Tabel 6. Perhitungan *balance* Daya Total *Speaker*

Karakteristik <i>Amplifier</i> (<i>Impedance</i>)	Zone	Karakteristik <i>Speaker</i> (<i>Impedance</i>)	<i>Balance</i> Watt	Kesimpulan
"Type Amp: DA250DH 2Channel" Amp <i>High</i> <i>Impedance</i> 1 unit : 240W	Zone 1	5 unit <i>Speaker</i> <i>High</i> : 25W : 400 Ω 6 unit <i>Speaker</i> <i>High</i> 15W : 670 Ω	<i>Impedance</i> Total Amp 1/Z <i>Speaker</i> = 46Ω Daya Total <i>Speaker</i> : P = V ² / R P = 100 ² / 46 Ω = 217.39W	Daya Amp = 240W Daya Total <i>Speaker</i> = 217.39W "Ambang Batas mendekati beban Amp"

ANALISA UNJUK KERJA SPEAKER PADA FASILITAS PERALATAN CARCALL DI BANDARA SOEKARNO - HATTA

100V 42Ω	6 unit <i>Speaker High</i> : 25W : 400Ω	<i>Impedance Total Amp</i> 1/Z <i>Speaker</i> = 44,5Ω	Daya Amp = 240W
Zone 2	5 unit <i>Speaker High</i> 15W : 670Ω	Daya Total <i>Speaker</i> P = V ² / R P = 100 ² / 44,5Ω = 224.71W	Daya Total <i>Speaker</i> = 224.71W
			"Ambang Batas mendekati beban Amp"

Hasil Perhitungan Daya total *Speaker* < 15% < Daya *Amplifier*. Kategori: Mendekati batas maksimum *amplifier*. Penurunan durabilitas *amplifier* termasuk berkurangnya umur dan keandalan *amplifier* akibat *overload*.

5. Masa pemeliharaan terdiri dari sebelum perbaikan.

a. Perhitungan MTTR, MTBF dan *Availability* sebelum dilakukan perbaikan.

Laporan pemeliharaan bulanan menggunakan 2 unit *amplifier* 240W "Type Amp: ZA2240, 1 *amplifier* 1 *channel*" dengan karakteristik amp impedansi tinggi dan tegangan *output* 100V, 42Ω. Berikut adalah hasil evaluasi laporan pemeliharaan perbaikan:

Tabel 7. Pemeliharaan zona 1

Tanggal	<i>Operating Time</i> (harian)	<i>Availability</i> (bulanan)	<i>Operating Time</i> (bulanan)	<i>Down Time</i>	<i>No of Failure</i>
01 s/d 30/04/19	21	43200	41940	3	4
01 s/d 30/06/19	20	43200	42000	4	6
01 s/d 31/08/19	21	43200	41940	3	4
01 s/d 31/10/19	21	43200	41940	3	4
01 s/d 31/01/20	20	43200	42000	4	4
01 s/d 31/03/20	20	43200	42000	4	6
Total	123	259200	251820	21	28

Berikut adalah laporan pemeliharaan bulanan setelah perbaikan untuk zone 1 periode April – Maret 2020. ***Availability* (bulanan)** dihitung dengan rumus: 24 jam × 30 hari × 60 menit = 43.200 menit. Hasil perhitungan MTTR, MTBF, dan *Availability* sebagai berikut:

$$MTTR = \frac{\text{Total Down Time}}{\text{Number of Failure}}$$

$$MTTR = \frac{21 \text{ Jam}}{28 \text{ (berapa kali downtime)}}$$

$$MTTR = 0.75 \text{ jam}$$

$$MTBF = \frac{\text{Total Available Operating Time}}{\text{Number Of Failure}}$$

$$MTBF = \frac{251820}{28}$$

$$MTBF = 8993,57 \text{ menit}$$

$$MTBF = 149,89 \text{ jam}$$

$$Availability = \frac{\text{Total Operating Time}}{\text{activity Time}} \times 100\%$$

$$Availability = \frac{251820}{259200} \times 100\%$$

$$Availability = 0,971 \times 100\% = 97\%$$

Tabel 8. Pemeliharaan zona 2

Tanggal	Operating Time (harian)	Availability (bulanan)	Operating Time (bulanan)	Down Time	No of Failure
01 s/d 30/04/19	21	43200	41940	3	4
01 s/d 30/06/19	20	43200	42000	4	6
01 s/d 31/08/19	22	43200	41880	2	2
01 s/d 31/10/19	20	43200	42000	4	4
01 s/d 31/01/20	20	43200	42000	4	4
01 s/d 31/03/20	20	43200	42000	4	6
Total	123	259200	251820	21	26

Laporan pemeliharaan bulanan pasca perbaikan untuk zona 1, periode April hingga Maret 2020. Hasil perhitngan MTTR, MTBF, dan *Availability* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \frac{\text{Total Down Time}}{\text{Number of Failure}} & \text{Availability} &= \frac{\text{Total Operating Time}}{\text{activity Time}} \times 100\% \\
 \text{MTTR} &= \frac{21 \text{ Jam}}{26 \text{ (berapa kali downtime)}} & \text{Availability} &= \frac{251820}{259200} \times 100\% \\
 \text{MTTR} &= 0.807 \text{ jam} & \text{Availability} &= 0,971 \times 100\% = 97\% \\
 \text{MTBF} &= \frac{\text{Total Available Operating Time}}{\text{Number Of Failure}} \\
 \text{MTBF} &= \frac{251820}{26} \\
 \text{MTBF} &= 9685,38 \text{ menit} \\
 \text{MTBF} &= 161,42 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- b. Hasil Evaluasi MTTR, MTBF dan *Availability* setelah dilakukan perbaikan:
- 1). Pengaruh MTTR Waktu perbaikan rata-rata (MTTR) 0,80 jam.
 - 2). Pengaruh MTBF untuk mengukur tingkat keandalan peralatan menurun dengan hasil: 161,42 jam.
 - 3). Kategori kerusakan dengan hasil *availability*: 97% sehingga perlu dilakukan mitigasi dan observasi.
 - 4). Hasil perbaikan: Dengan penggunaan 2 unit Amplifier 240W "Type Amp: ZA2240", *amplifier* memenuhi kebutuhan *speaker* yang ada di *carcall*. Perhitungan *Matching Impedance* dan kapasitas daya sebelum perbaikan

Tabel 9. Perhitungan Impedansi Total *Speaker* setelah perbaikan.

Karakteristik Amplifier (Impedance)	Zone	Karakteristik Speaker (Impedance)	Balance Impedance	Kesimpulan
"Type Amp: ZA 2240"	Zone 1	11 unit	Impedance Total Amp	Z Amp = 42Ω
1 unit Amp		Speaker	1/Z Speaker =	Z Total Speaker =
High : 240W		High	Z = 670/11	60.9Ω
100V42Ω		15W : 670Ω	Z = 60.9 Ω	"Ambang Batas Masih Aman Amp"
"Type Amp: ZA 2240"	Zone 2	11 unit	Impedance Total Amp	Z Amp = 42Ω
1 unit Amp		Speaker	1/Z Speaker =	Z Total Speaker =
High : 240W		High	Z = 670/11	60.9Ω
100V 42Ω		15W : 670Ω	Z = 60.9 Ω	"Ambang Batas Aman Amp"
			Z = 60.9 Ω	

Hasil evaluasi Impedansi *Speaker* >25%>Impedansi *Amplifier*. Kategori: Ambang batas aman *amplifier*.

Tabel 10. Perhitungan *balance* daya total *Speaker* setelah perbaikan

Karakteristik <i>Amplifier</i> (<i>Impedance</i>)	Zone	Karakteristik <i>Speaker</i> (<i>Impedance</i>)	Balance Watt	Kesimpulan
"Type Amp: ZA 2240" 1 unit Amp High : 240W 100V 42Ω	Zone 1	• 11 unit <i>Speaker</i> High 15W : 670Ω	<i>Impedance</i> Total Amp $1/Z \text{ Speaker} = 60.9\Omega$ Daya Total <i>Speaker</i> : $P = V^2 / R$ $P = 100^2 / 60.9\Omega$ = 164.20W	Daya Amp = 240W Daya Total <i>Speaker</i> = 164.20W "Ambang Batas Aman Amp
"Type Amp: ZA 2240" 1 unit Amp High : 240W 100V 42Ω	Zone 2	• 11 unit <i>Speaker</i> High 15W : 670Ω	<i>Impedance</i> Total Amp $1/Z \text{ Speaker} =$ 60.9Ω Daya Total <i>Speaker</i> : $P = V^2 / R$ $P = 100^2 / 60.9\Omega$ = 164.20W	Daya Amp = 240W Daya Total <i>Speaker</i> = 164.20W "Ambang Batas Aman Amp

Hasil Perhitungan Daya total *Speaker* < 25% < Daya *Amplifier*. Kategori: Mendekati batas maksimum *amplifier*. *Amplifier* tidak mengalami *overload* karena arus yang disalurkan kepada *Speaker* semakin kecil.

6. Analisa Pengukuran

Analisa Pengukuran menggunakan *Impedance meter*. Hasil Evaluasi antara perhitungan dan pengukuran: Terjadi selisih antara perhitungan dan pengukuran pada zona 1 dan 2 dengan *range* hasil yang didapat 5.7 Ω - 6.10Ω.

1. Standar deviasi yang diperoleh antara perhitungan dan pengukuran pada zone 1 dan zone 2 dengan range hasil yang diperoleh 1.516 – 2
2. *Range Standart Error of the Mean* (SEM) yang diperoleh dengan hasil 0,678 - 0,894
3. Terdapat selisih antara perhitungan dan pengukuran hal tersebut disebabkan oleh faktor akurasi yang kurang presisi dikarenakan menggunakan *system analog*.

KESIMPULAN

Faktor utama sebagai bahan evaluasi dalam menentukan strategi *preventive* dan *corrective maintenance* untuk memperpanjang masa pakai perangkat audio seperti *balance Impedance* Ketidakesesuaian pembacaan serta akurasi dalam perhitungan impedansi antara *Amplifier* dan *Speaker* yang mempengaruhi durabilitas. *Balance* Daya Kapasitas daya yang tidak seimbang dapat menyebabkan *overload* pada *Amplifier*. Penempatan *Speaker* Tata letak yang tidak optimal memengaruhi akustik ruang. *Sound Pressure Level* (SPL) Kualitas suara dalam dB berpengaruh pada performa sistem audio. *Peak Amplitude* Jika amplitudo melebihi batas maksimal, *Amplifier* bisa mengalami *overload*.

Daftar Pustaka

- [1] D. U. D. J. P. PERHUBUNGAN, *Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. SKEP/157/IX/2003 tentang Pedoman dan Pelaporan Peralatan Fasilitas Elektronik dan Listrik.*
- [2] Pembuatan Buku Manual Operasi Penyelenggara Pelayanan, *Peraturan Direktorat Jenderal Nomor KP 25 Tahun 2014 TENTANG PETUNJUK DAN TATA CARA PERATURAN KESELAMATAN PENERBANGAN SIPIL BAGIAN 171-06, STANDAR PEMBUATAN BUKU MANUAL OPERASI PENYELENGGARA PELAYANAN TELEKOMUNIKASI PENERBANGAN.* Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2014. [Online]. Available: <https://jdih.kemhub.go.id/api/media?data=C5g9tOclEyUGKH9cRU5PxG4vVsgf0S96W4PvRcPqKOBpB8QiOVPSHPWB8cK15rYBL0g8m8F9NTjQV34Evh8wITIA48gduWK4Tzlp4EvucPcFWcw0L4bUBysCI69fFb6IrGjtrFtT6PdbzEZBIbcLoo9CVBMKSf2Lep0yJX2v9XaQQF0AK7IWWtSOxN6X9pbq29o3xRyFERSwUHKMgGIAg>
- [3] KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP, "KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP," 1996. Accessed: Feb. 10, 2025. [Online]. Available: <https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/723/190930165749Kepmen LH 48 Tahun 1996.pdf>
- [4] Afi Stiya Bastari; Fidya Varayesi, "Analisis Performance Maintenance Pada Blowout Preventer Menggunakan Metode Reability MTBF MTTR Dan Degradation Test Rubber Packing Element," *Journal Teknik dan Teknologi Terapan*, no. Vol. 2 No. 1 (2024): Volume 2, May 2024, doi: <https://doi.org/10.47970/jtt.v2i1.628>.
- [5] R. Nawe, K. L. Mandagie, and D. W. T. Bhirawa, "ANALISIS PERFORMANCE MAINTENANCE PADA PERALATAN UTAMA PENGEBORAN MINYAK DI PT GEO LINK NUSANTARA," 2018. doi: DOI:<https://doi.org/10.35968/jtin.v7i2.810>.
- [6] A. Pramana Putra and T. Suryatman, "Evaluasi Overall Equipment Effectiveness Sebagai Upaya Perbaikan Produktivitas Mesin Produksi Kain Non-Wovens (Studi Kasus PT. Megah Sembada Industries) Evaluation of Overall Equipment Effectiveness As An Effort To Improve The Productivity Of Non-Wovens Fabric Production Machines (Case Study of PT. Megah Sembada Industries)," *Journal Industrial Manufacturing*, vol. 5, no. 2, pp. 11–25, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.31000/jim.v5i2.2993.g1809>.
- [7] M. E. Ignatius Deradjad Pranowo, "Sistem dan Manajemen Pemeliharaan," yogyakarta, 2019. Accessed: Feb. 10, 2025. [Online]. Available: https://repository.usd.ac.id/41185/1/Buku_Ajar_Sistem_dan_Manajemen_Pemeliharaan_.pdf
- [8] Silvia Silvia; Reviana Inda Dwi Suyatmo; Murnianti Murnianti, "Analisis Preventive Maintenance Berdasarkan Mean Time Between Failure (MTBF) Dan Mean Time To Repair (MTTR) Pada Alat Blow Molding Di PT XYZ," *Journal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, no. Vol. 2 No. 8 (2024): Oktober, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.59837/jpmba.v2i8.1495>.
- [9] S. Alfionita and F. I. Alifin, "Preventive Maintenance Analysis Based on Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time to Repair (MTTR)," *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, vol. 15, no. 2, p. 201, Nov. 2023, doi: 10.28989/angkasa.v15i2.1833.
- [10] Luh Nyoman Widyastuti, Hery Suliantoro, and Rani Rumita, "ANALISIS GANGGUAN SISTEM TRANSMISI LISTRIK MENGGUNAKAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA)," 2014. Accessed: Feb. 26, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/6344>
- [11] Y. Erdhianto and T. Surabaya, "Occupational Health and Safety (OHS) Analysis at The PG Kremboong Production Department using The Risk Priority Number and 5 Whys Method," *Jurnal IPTEK*, vol. 25, no. 1, 2021, doi: 10.31284/j.iptek.2021.v25i1.
- [12] A. A. Sakdiyah, Siti Holifahtus, Nurafni Eltivia, "Root Cause Analysis Using Fishbone Diagram_ Company Management Decision Making," *Jorunal of Apllied Business*,

- Taxation and Economics Research (JABTER)*, vol. Vol 1 NO 6, no. Vol. 1 No. 6 (2022): August 2022, 2022, doi: <https://doi.org/10.54408/jabter.v1i6.103>.
- [13] Y. K. Sakti, "Analisis Penyebab Utama Kerusakan Suara pada Speaker dengan Menggunakan Metode Fishbone Diagram dan FMEA," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 7, no. 1, pp. 307–314, 2024, doi: 10.31004/jutin.v7i1.24645.
- [14] F. P. Dharma, Z. F. Ikatrinasari, H. H. Purba, and W. Ayu, "Reducing non conformance quality of yarn using pareto principles and fishbone diagram in textile industry," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, May 2019. doi: 10.1088/1757-899X/508/1/012092.
- [15] I. Siregar and A. A. Nasution, "Component identification the causes of machinery damage in pharmacy company using Pareto diagram," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Oct. 2018. doi: 10.1088/1757-899X/420/1/012139.