

# Analisis Manajemen Perawatan Menggunakan Perhitungan Distribusi Weibull Dan Metode Fmea Pada Ac Package Di Gerbong PT. KCI Juanda

Ivana Amelia Tamba<sup>1,\*</sup>, Ade Suryatman Margana<sup>2</sup>, Bowo Yuli Prasetyo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : <sup>1,\*</sup>ivana.amelia.tptu419@polban.ac.id; <sup>2</sup>adesmargana@polban.ac.id; <sup>3</sup>bowo\_yuli@polban.ac.id

## ABSTRAK

PT. KCI sebagai anak perusahaan dari PT.KAI yang beroperasi sejak 15 September 2008 memiliki AC *package* untuk pengkondisian udara dalam setiap gerbongnya. Seiring berjalannya waktu AC *package* dapat mengalami kerusakan yang di sebabkan dari faktor umur mesin hingga faktor-faktor lainnya. Data kerusakan pada 6 rangkaian gerbong AC *package* yang dihimpun pada September 2013-2014 dari PT. CIKAMI selaku kontraktor perbaikan AC *package* tersebut. Manajemen perawatan dibutuhkan untuk menciptakan sistem yang bekerja dengan ideal dan semestinya untuk menentukan perawatan mesin AC *package* sudah baik. Faktor-faktor kerusakan yang terjadi pada AC *package* perlu diketahui terlebih dahulu seperti kebocoran pada kompresor, terdapat uap air pada filter dryer dll. Kemudian data tersebut diolah dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). FMEA perlu diklasifikasikan dengan penilaian resiko yang terdiri dari *severity*, *occurrence* dan *detection* ke dalam skala prioritas yang telah ditentukan yaitu RPN (*Risk Priority Number*). Selanjutnya, memilih kerusakan komponen terparah yaitu kompresor didapati keandalan dengan nilai tertinggi 0,87, *failureability* sebesar 0,16 dan tingkat ketersediaan mencapai 0,99. AC *package* tersebut mendapatkan distribusi weibull yang berparameter *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR). Hasil yang diharapkan dapat melihat gambaran tentang *trend* kerusakan dari data historis, serta memberikan saran perawatan *preventive maintenance* untuk mencegah waktu *downtime* yang lebih lama yaitu perbaikan dibawah 52 hari pada AC *package*.

## Kata Kunci

Manajemen perawatan, distribusi weibull, metode FMEA, AC *package*.

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan pengkondisian udara untuk mendukung kenyamanan dalam setiap lingkungan juga digunakan dalam moda transportasi kereta api atau KCI *commuter line*. Salah satu pengkondisian yang digunakan dalam moda transportasi kereta api atau KCI *commuter line* adalah AC (*air conditioning*) *package*. Penggunaan AC *package* dalam setiap pengoprasian KCI tentunya membuat performansi dari kinerja AC *package* juga ikut turun seiring waktu. Upaya perawatan AC *package* dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan, mengurangi ataupun mencegah kerusakan sehingga efektifitas dari AC *package* tersebut bisa stabil dan dapat mengurangi kerugian yang didapat dari penumpang KCI maupun perusahaan pengelola KCI.

Perhitungan weibull merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis data

kerusakan berdasarkan perhitungan nilai tingkat keandalan (*reliability*), tingkat kerusakan (*failurability*) dan tingkat ketersediaan (*availability*) melalui parameter TTF (*Time To Failure*) dan TTR (*Time To Repair*) [1].

Manajemen perawatan juga mempunyai kebijakan perawatan yang terbagi menjadi dua kegiatan yaitu perawatan terencana (*preventive maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*corrective maintenance*).

Metode yang digunakan salah satunya adalah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Metode FMEA adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menetapkan kebijakan perawatan dengan cara mengidentifikasi potensi jenis kerusakan, potensi akibat kerusakan dan potensi penyebab kerusakan yang kemudian akan dinilai berdasarkan dari kriteria *severity*, *occuration* dan *detection* untuk menghilangkan kegagalan pemilihan kebijakan perawatan dapat dilihat dari RPN (*Risk Priority Number*) yang akan menampilkan data besar kecilnya resiko dari

kerusakan yang terjadi sehingga bisa membuat skala prioritas yang tepat untuk merawat mesin maupun komponen [2].

Adapun kebutuhan kebijakan perawatan harus dipenuhi untuk meningkatkan efektivitas AC Package. Penulis telah membuat aplikasi untuk mempermudah PT.KCI Juanda ataupun PT.CIKAMI untuk melakukan kebijakan perawatan. Jika ingin melakukan *corrective maintenance*, penulis telah membuat panduan aplikasi *troubleshooting* dan penjadwalan bernama AIRSTONE yang berbasis android sehingga memudahkan pengidentifikasian kerusakan yang terjadi pada saat *corrective maintenance* maupun memudahkan untuk mengecek maupun melakukan *preventive maintenance*.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Pengertian Manajemen

Manajemen diartikan secara umum sebagai seni mengatur dan melaksanakan kegiatan secara individu ataupun secara kelompok, yang bertujuan untuk memenuhi target yang akan dicapai dari pelaku pelaksana untuk mengoptimalkan sumber daya. Pada kasus ini adalah mengoptimalkan mesin AC Package.

### 2.2 Konsep Dasar Perawatan

Perawatan merupakan tindakan pemeliharaan dan menjaga fasilitas dan peralatan industri agar tetap dalam performa yang baik.

Terdapat beberapa jenis-jenis perawatan yang dibagi menjadi 2 garis besar yaitu:

1. Preventive Maintenance, pencegahan suatu barang dari kerusakan dengan cara merawatnya. Perawatan pencegahan terdiri atas Perawatan terjadwal (*Schedule Maintenance*) dan Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*).
2. Corrective Maintenance, disebut dengan *emergency maintenance/ breakdown maintenance* akan dilaksanakan apabila mesin sudah tidak bisa lagi dijalankan akibat kerusakan sehingga perawatan ini bertujuan untuk memperbaiki kerusakan pada mesin.

### 2.3 Distribusi Weibull

Distribusi weibull adalah salah satu distribusi yang digunakan untuk menentukan lama waktu bertahan (umur) dari suatu mesin hingga tidak bisa beroperasi lagi dikarenakan mati ataupun rusak [3]. Distribusi ini ditemukan oleh seorang

fisikawan Swedia yaitu Waloddi Weibull pada tahun 1939. Distribusi weibull ini biasa digunakan untuk menganalisa hilangnya performansi pada suatu mesin [4]. Berikut adalah bentuk mudah perhitungan distribusi kumulatif dilihat dalam Persamaan 1 dan Persamaan 2:

$$Y_i = a + b X_i \quad (1)$$

$$Y_i = \ln(t_i)$$

Dengan

$$a = \ln(\alpha)$$

$$b = \frac{1}{\beta}$$

$$f(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} \quad (2)$$

$X_i$  adalah variabel bebas dan dapat menaksir fungsi kumulatif  $[F(t)]$  dengan Persamaan 3 sebagai berikut:

$$X_i = \ln [ \ln [ 1 - F(t_i) ]^{-1} ] \quad (2)$$

Penggunaan metode *Least Square*, nilai konstanta  $a$  dan  $b$  dapat diperoleh dari persamaan 4 dan persamaan 5 sebagai berikut:

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - (\sum_{i=1}^N X_i)(\sum_{i=1}^N Y_i)}{N \sum_{i=1}^N X_i^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} \quad (3)$$

$$a = \frac{(\sum_{i=1}^N Y_i)}{N} - b \frac{(\sum_{i=1}^N X_i)}{N} \quad (4)$$

Bila nilai konstanta  $a$  dan  $b$  sudah diketahui, maka parameternya sebagai berikut pada persamaan 6 dan 7:

$$b = 1/\beta \quad (5)$$

$$\beta = 1/b$$

$$a = \ln(\alpha) \quad (6)$$

$$\alpha = \exp^a$$

Fungsi Distribusi Weibull

Berikut beberapa fungsi distribusi yang ada pada weibull:

1. Fungsi keandalan (*reliability*)

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] \quad (7)$$

Keterangan:

$R(t)$  = Laju Keandalan

$F(t)$  = Laju Kerusakan

$\beta$  = Parameter bentuk

$\alpha$  = Parameter skala

$t$  = waktu

Keandalan adalah kemungkinan suatu peralatan atau mesin mampu untuk bekerja secara

memuaskan saat dioperasikan dalam waktu dan kondisi tertentu.

2. Fungsi distribusi kumulatif / kerusakan (*failurebility*)

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (9)$$
$$= 1 - \exp \left[ - \left( \frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

Kerusakan adalah kemungkinan suatu mesin mengalami kerusakan saat beroperasi dalam waktu dan kondisi tertentu.

3. Ketersediaan (*availability*)

$$A(t) = \frac{TTF}{TTF + TTR} \quad (10)$$

Ketersediaan adalah kemungkinan tersedianya suatu mesin.

Keterangan:

A(t) = Laju ketersediaan

TTF = Waktu kerusakan

TTR = Waktu perbaikan

## 2.4 AC Train Package

Sistem refrigerasi merupakan proses perpindahan kalor dari suatu ruangan ke ruangan lain dengan mengendalikan suhu dari temperatur rendah ke temperatur tinggi [5]. Pada dasarnya *AC package* sama dengan sistem kompresi uap.

Pada *AC package* unit atap dan *access covers* dibangun dari baja yang tahan karat. Komponen yang dipasang pada *roof mounted* menyediakan ventilasi dan pendinginan di dalam *saloon*. Ventilasi di sediakan oleh *fan* dan dua sistem pendingin ganda yang terdiri dari kompresor hermetik, bantalan kumparan kondesor dan kumparan evaporator ganda di jalur ventilasi kipas. Empat daya yang dibutuhkan komponen sebesar 380V, tiga fasa, empat kawat 50 Hz. Sistem refrigerasi menggunakan refrigeran R22. Berat setiap unit SAK-630 berkisar 420 kg.

## 2.5 FMEA

FMEA merupakan sebuah metode untuk menganalisis sebuah potensi masalah kerusakan maupun kegagalan. Hal yang terpenting dalam metode ini adalah penilaian resiko dari sebuah mesin. Selain itu juga dapat mengidentifikasi tindakan agar bisa menghilangkan atau mengurangi potensi kegagalan [6].

## 2.6 Diagram Fishbone

Diagram fishbone, juga disebut diagram Ishikawa atau diagram sebab-akibat, adalah cara yang

digunakan untuk mengidentifikasi dan menggambarkan berbagai faktor penyebab yang dapat menyebabkan masalah atau kerusakan [7].

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif. Penulis mengumpulkan data kerusakan dan perbaikan *AC package* sistem di KCI Juanda. Kemudian dilakukan analisis yang menghasilkan tabel dan grafik.

### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mencari referensi. Referensi dalam tugas akhir ini berisikan tentang Konsep dasar perawatan, jenis – jenis perawatan, *reliability*, *failurebility*, *availability*. Penaksiran parameter distribusi weibull, kerusakan dan siklus hidup komponen, sistem refrigerasi, mesin refrigerasi pada penelitian sebelumnya pada air cooled chiller dan sekarang dilakukan pada *AC package* [8]. Penentuan cara perawatan *AC package* yang tepat. *Severity*, *occuration*, *detection* dan RPN (*Risk Priority Number*) yang dilakukan pada *AC split duct* [9]. Referensi tersebut dapat ditemukan di bahan ajar mata kuliah manajemen perawatan, buku serta jurnal yang tersedia di situs internet.

### 3.3 Observasi

Setelah melakukan studi literatur, selanjutnya penulis melakukan observasi ke tempat penelitian yaitu Stasiun KCI Juanda dengan objek yang diteliti yaitu sistem *AC package*.

### 3.4 Pengambilan Data

Data yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

- Data *history* dari komponen pada sistem *AC package* di KCI Juanda yang meliputi waktu terjadinya kerusakan, waktu perbaikan dan selesainya.
- Data kerusakan komponen serta penyebab, akibat dan dampak yang terjadi akibat kerusakan pada sistem *AC package* di KCI Juanda.

### 3.5 Pengolahan Data

Pada tahap ini penulis mengklasifikasikan permasalahan kerusakan yang sudah diambil, dianalisa menggunakan metoda FMEA agar dapat menentukan perawatan yang sesuai dengan permasalahan kerusakan sesuai dengan tabel *severity*, *occurrence* dan *detection*. Selanjutnya hasil dari pengklasifikasian *severity*, *occurrence* dan *detection* tersebut dikalikan sehingga mendapatkan *Risk Priority Number* (RPN) untuk diurutkan secara prioritas permasalahan kerusakan yang terjadi [10]. Sementara itu pengolahan data untuk distribusi weibull diawali dengan menentukan TTF (*time to failure*) dan TTR (*time to repair*) dari data yang sudah didapatkan. Selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel distribusi weibull untuk dihitung dan akan mendapatkan nilai dari (*reliability*), (*failurebility*), dan (*availability*) dari sistem AC *package* tersebut.

### 3.6 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini, data yang sudah diolah yaitu nilai dari (*reliability*), (*failurebility*) (*availability*) akan dianalisis dan dibahas dalam bentuk grafik serta tulisan. Sedangkan untuk bagian FMEA data akan diolah menjadi RPN (*Risk Priority Number*) dan diagram *fishbone* sehingga bisa menentukan perawatan yang sesuai dengan kerusakan pada AC *package*.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 FMEA

Perhitungan FMEA berdasar dari kerusakan yang mengakibatkan kegagalan kinerja AC *package* yang dioperasikan. Nilai-nilai yang tertera pada *severity*, *occurrence* dan *detection* tidak lepas dari acuan tabel skala di setiap klasifikasi. Semakin besar nilai yang diperoleh akan semakin besar dampak kegagalan, semakin sering kegagalan terulang dan semakin sulit untuk mendeteksi kegagalan maupun kerusakan. Selanjutnya diolah dengan cara mengalikan setiap skala yang ada pada *severity*, *occurrence* dan *detection* dalam setiap jenis kegagalan atau kerusakan agar di dapatkan RPN (*Risk Priority Number*). RPN ini berfungsi untuk menentukan prioritas perawatan pada AC *Package* ini.

| No | Item        | Defect                  | Defect Mode           | Defect Effect  | Defect Cause        | S | O | D | RPN |
|----|-------------|-------------------------|-----------------------|----------------|---------------------|---|---|---|-----|
| 13 | Komponen    | tersebut tidak terdapat | Kerusakan pada bagian | Kerusakan saat | Defect yang terjadi | 8 | 8 | 6 | 384 |
| 14 |             |                         |                       |                |                     |   |   |   |     |
| 23 | Fiber Drape | tersebut tidak terdapat | Kerusakan saat        | Kerusakan saat | Defect yang terjadi | 8 | 7 | 6 | 336 |
| 12 |             |                         |                       |                |                     |   |   |   |     |
| 5  | HPLI Papan  | tersebut tidak terdapat | Kerusakan saat        | Kerusakan saat | Defect yang terjadi | 7 | 8 | 5 | 280 |
| 4  |             |                         |                       |                |                     |   |   |   |     |
| 4  | Thermostat  | tersebut tidak terdapat | Kerusakan saat        | Kerusakan saat | Defect yang terjadi | 8 | 8 | 4 | 256 |
| 5  | Accumulator | tersebut tidak terdapat | Kerusakan saat        | Kerusakan saat | Defect yang terjadi | 8 | 8 | 5 | 320 |
| 6  | Coil        | tersebut tidak terdapat | Kerusakan saat        | Kerusakan saat | Defect yang terjadi | 7 | 8 | 4 | 224 |
| 7  | Filter      | tersebut tidak terdapat | Kerusakan saat        | Kerusakan saat | Defect yang terjadi | 8 | 8 | 4 | 256 |
| 81 | Refrigeran  | tersebut tidak terdapat | Kerusakan saat        | Kerusakan saat | Defect yang terjadi | 5 | 8 | 5 | 200 |
| 82 |             |                         |                       |                |                     |   |   |   |     |

Tabel 1. Tabel kerusakan yang telah dihimpun dari September 2013- September 2014 dari berbagai komponen di AC *package*.

Ketika hasil RPN dari setiap kegagalan telah di kalkulasikan, diagram *fishbone* akan membantu memusatkan perhatian kepada kegagalan serta membantu perawatan dengan mengurutkan prioritas.



Gambar 1. Diagram *Fishbone*

Berdasarkan diagram *fishbone* yang tertera bahwa terdapat beberapa *cause effect* yang diklasifikasi dalam beberapa bagian sebagai berikut:

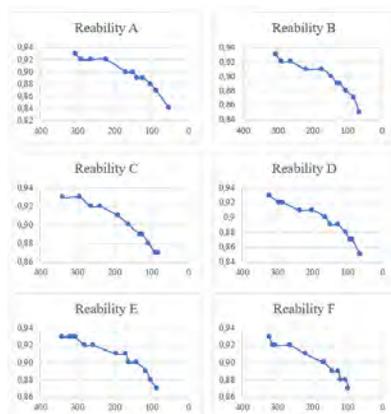
- **Man:** faktor pekerja juga mempengaruhi kerusakan pada AC *Package* karena dari pihak PT. KCI belum memahami cara memperbaiki dan merawat AC *Package* sehingga diserahkan kepada pihak kontraktor perawatan yaitu PT. CIKAMI serta pengelasan yang kurang baik ketika proses pengelasan pada *coil* serta perawatan *corrective maintenance* yang diterapkan.
- **Machine:** kerusakan yang terjadi pada komponen yaitu katup *thermostat* macet karena terjadi *error* pada mesin.
- **Method:** Metode yang digunakan ketika pengisian refrigeran akan menimbulkan kerusakan seperti ikut sertanya uap air beserta kotoran secara tidak sengaja karena proses *vacuum* kurang sempurna.
- **Measure:** Tegangan listrik yang tidak sesuai dikarenakan pasokan listrik bersumber dari

generator yang tidak stabil mengakibatkan kumparan motor kompresor rusak dan sekring memutuskan pasokan listrik yang mengakibatkan blower tidak memutar.

- *Material*: Kelebihan dan kekurangan material refrigeran pada sistem AC *package* bisa mempengaruhi kinerja seperti kompresor menjadi *overheat* dan terdapat bunga es pada pipa.
- *Environment*: Vibrasi yang tinggi ketika kereta berjalan menyebabkan resiko kerusakan kebocoran pada pipa dan potensi terlepasnya rangkaian listrik di HPLP *Pressure switch*.

#### 4.2 Distribusi Weibull

Jenis perawatan yang digunakan pada kompresor AC *package* di KCI Juanda adalah *corrective maintenance* atau perawatan yang dilakukan ketika mesin sudah tidak bisa dijalankan sehingga bertujuan untuk memperbaiki kerusakan pada mesin tersebut. *Corrective maintenance* ini dilakukan setahun sekali dengan pengerjaan setiap gerbong 2-3 X 24 Jam dalam 6 gerbong yang berbeda. Penulis membuat setiap gerbong dengan interpretasi abjad. Perhitungan distribusi weibull diperlukan dua variabel utama yaitu TTF (*time to failure*) dan TTR (*time to repair*) untuk mengetahui nilai *reliability*, *failureability* dan *availability*. Berikut adalah grafik perhitungan distribusi weibull untuk setiap gerbong:

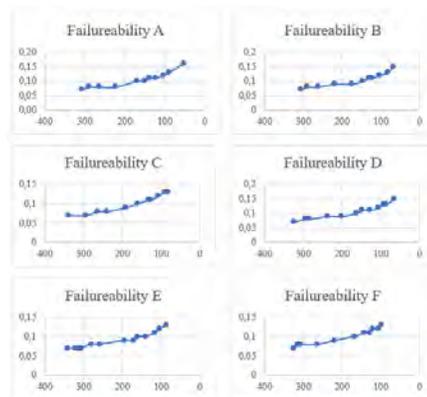


Gambar 2. Analisa Nilai Keandalan

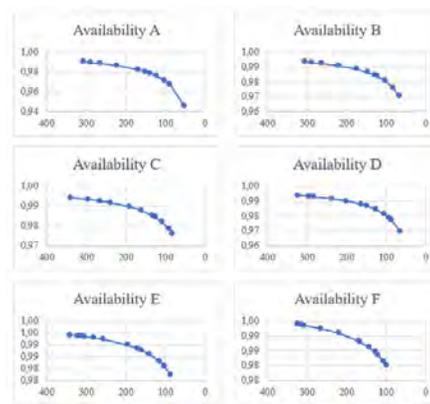
Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai keandalan pada setiap gerbong kereta api sangat tinggi dan beranjak turun, ditunjukkan dari nilai besaran keandalan tertinggi mencapai 0,93 dan nilai keandalan paling rendah dengan TTF (*time to failure*) 52 hari. Hal itu menandakan

bahwa jarak waktu saat komponen mulai rusak sampai mulai diperbaiki cukup lama dan seiring berjalan waktu keandalan menurun.

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai *failureability* pada setiap gerbong menunjukkan kegagalan terendah 0,07 dan tinggi di akhir periode yaitu senilai 0,16 pada gerbong A di data ke-11. Hal ini menyebabkan terjadi kerusakan terparah pada kompresor AC *package* tersebut dan sudah harus diganti. Terlihat bahwa pada periode itu kompresor tersebut juga sudah pada perbaikan yang kedua kalinya dan butuh untuk mengganti kompresor dengan yang baru.



Gambar 3. Nilai Kerusakan



Gambar 4. Nilai Ketersediaan

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai *availability* pada setiap gerbong menunjukkan nilai yang semakin menurun. Meskipun nilai ketersediaan berkisar pada 0,99 hingga 0,97 atau senilai 99 % - 97% namun terdapat nilai ketersediaan terendah terjadi pada data di gerbong A lagi serta pada data ke-11 juga. Artinya perawatan yang dilakukan cukup efektif untuk

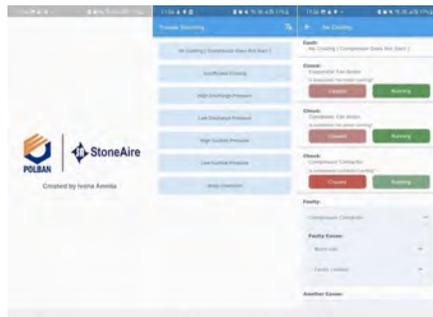
menjaga nilai ketersediaan kompresor AC *package*.

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui *trend* kerusakan yang terjadi untuk menghindari waktu *downtime* pada kompresor yang lebih lama lagi di kerusakan selanjutnya. Melihat keandalan paling terendah senilai 0,84 dan *availability* 0,95 pada data ke-11 di gerbong A. Menunjukkan bahwa perbaikan maupun pergantian nantinya harus dilakukan sebelum 52 hari. Setelah itu terdapat saran perbaikan secara *preventive* sebagai berikut:

- Memeriksa pemipaan di kompresor agar tidak mengalami kebocoran serta sambungannya agar kencang dicek secara berkala sebulan sekali. Apabila terdapat bunga es di pipa *coil* di cek secara berkala sebulan sekali.
- Memeriksa kelistrikkannya agar mencegah motor kompresor rusak akibat tidak stabilnya pasokan listrik sebulan sekali.

### 4.3 AIRSTONE

Aplikasi ini dirancang untuk mengidentifikasi kerusakan sejak dini dan menjadi perawatan *preventive* bagi AC package di PT.KCI. Berbasis android dan dirancang berdasarkan *handbook* dari PT.CIKAMI memudahkan untuk lebih tanggap untuk mengidentifikasi karena bisa di *install* melalui gawai dan dilengkapi dengan dua bahasa yaitu Indonesia dan Inggris.



Gambar 5 Aplikasi Airstone

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dibahas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa perawatan AC *package* yang dilakukan di KCI Juanda merupakan *corrective maintenance*. Namun dianjurkan untuk memberikan perawatan *preventive* untuk mencegah waktu *downtime* yang lebih lama lagi. Peringkat kerusakan ditentukan oleh RPN. Kerusakan tertinggi terdapat pada komponen kompresor dengan jenis kerusakan

kebocoran pada pipa di kompresor dengan nilai 384 RPN. Konklusinya adalah nilai keandalan tertinggi 0,93 hal ini juga berdampak pada nilai kerusakan (*failureability*) yang menunjukkan angka paling besar di 0,16 dan *availability* hampir menyentuh 1. Hal ini menandakan bahwa usaha perbaikan sudah cukup baik.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT.CIKAMI telah berkenan untuk membantu dan mendukung penuh serta Politeknik Negeri Bandung atas bimbingannya dalam penyusunan makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. Margana and A. R. Lukitobudi, "Buku Ajar Teknik Perawatan," 2017.
- [2] E. Krisnaningsih, P. Gautama, and M. F. K. Syams, "Usulan Perbaikan Kualitas Dengan Menggunakan Metode Fta Dan Fmea," *J. InTent*, vol. 4, no. 1, pp. 41–54, 2021.
- [3] A. S. Margana and M. Linda, "Perhitungan Availabilitas Sistem AC," *Ind. Res. Work. Natl. Semin. 2011*, pp. 98–103, 2011.
- [4] K. Eddy and M. Taufiqurrahman, "Analisis Tingkat Kendalan dan Penentuan Interval Waktu Perawatan Mesin Pompa Distribusi Pada PDAM Tirta Muare Ulakan Sambas," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2017*, no. November, pp. 1–6, 2017.
- [5] R. Cycles *et al.*, "1997 ASHRAE Handbook," *ASHRAE Handb.*, 1997, [Online]. Available: <http://www.ashrae.org>.
- [6] I. S. Haq, A. Y. Darma, and R. A. Batubara, "Penggunaan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Identifikasi Kegagalan Mesin untuk Dasar Penentuan Tindakan Perawatan di Pabrik Kelapa Sawit Libo," *J. Vokasi Teknol. Ind.*, vol. 3, no. 1, 2021, doi: 10.36870/jvti.v3i1.209.
- [7] A. Suherman and B. J. Cahyana,

- “Pengendalian Kualitas dengan Metode Failure Mode Effect And Analysis (FMEA) dan Pendekatan Kaizen untuk Mengurangi Jumlah Kecacatan dan Penyebabnya,” *J. UMJ*, vol. 16, pp. 1–9, 2019.
- [8] A. S. Margana and M. Fahmi Suhendar, “Analisis Manajemen Perawatan Menggunakan Perhitungan Distribusi Weibull Pada Air Cooled Chiller FMC 20,” *Ind. Res. Work. Natl. Semin. Bandung*, pp. 418–422, 2021.
- [9] D. Suryanto, “Analisis Perawatan Ac (Air Conditioner) Unit Split Duct Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis Fmea Di Hotel Harris Yello,” *JITMI (Jurnal Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.)*, vol. 3, no. 1, p. 67, 2020, doi: 10.32493/jitmi.v3i1.y2020.p67-75.
- [10] A. A. Hidayat, M. Kholil, Hendri, and Suhaeri, “The Implementation of FTA (Fault Tree Analysis) and FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Methods to Improve the Quality of Jumbo Roll Products,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 453, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/453/1/012019.