

**Analisa Kebocoran Pipa Radiator Pada Mesin *Caterpillar Type 3512B* Dengan Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* Di PT. PLN (PERSERO) ULPLTD Bagan Besar PLTD Bengkalis**

Ruslie<sup>1</sup>, Erwen Martianis<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis<sup>1,2</sup>  
Email: ruslie140596@gmail.com<sup>1</sup>, erwen@polbeng.ac.id<sup>2</sup>

**Abstract**

*The diesel engine is a combustion engine with a combustion process that occurs inside the engine itself. The diesel engine is used as a driving force to turn the generator on PT. PLN (PERSERO) ULPLTD Bagan Besar of Bengkalis PLTD. The diesel engine used at PT. PLN Bengkalis is a caterpillar machine type 3512B. The engine often leaks radiator pipes, thus hampering the performance of PT. PLN Bengkalis. This study uses the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method as a tools to analyze the damage caused by radiator pipe leaks that occur on the caterpillar machine type 3512B. The machines that are used as research objects are 4 units in PT. PLN Bengkalis. The results of analysis obtained that leaked out pipe has a severity value of 9, occurrence 8, and detection 4 so as to produce an RPN 288. Potential failure that occurs in the outlet pipe has the highest RPN number that causes leakage in the radiator pipe. Vibration, pressure and temperature are the main causes of leakage in the outlet pipe.*

*Keywords: Diesel engine, Failure Mode and Effect Analysis, Radiator*

**1. PENDAHULUAN**

Kelistrikan di Indonesia dimulai pada akhir abad ke-19, pada saat beberapa perusahaan Belanda, antara lain pabrik gula dan pabrik telah mendirikan pembangkit tenaga listrik untuk keperluan sendiri. Kelistrikan untuk pamanfaatan umum mulai pada saat Perusahaan Swasta Belanda yaitu NV.NIGN yang semula bergerak dibidang gas memperluas usahanya dibidang listrik. Di dalam kelistrikan di indonesia itu sendiri terdapat beberapa anak perusahaan salah satunya adalah PT. PLN (PERSERO) ULPLTD Bagan Besar PLTD Bengkalis.

Mesin diesel adalah motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi didalam mesin itu sendiri ( *internal combustion engine* ) dan pembakaran terjadi karena udara murni dimampatkan (dikompresi) dalam suatu ruang bakar (silinder) sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta panas yang tinggi, bersamaan dengan itu disemprotkan/dikabutkan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran (Achmad Kusairi Samlawi).

Pengertian pipa secara umum adalah benda tubular yang berongga dan digunakan untuk mengalirkan fluida berupa gas, cair, padatan cair dan bubuk halus sehingga dapat berpindah dari *head* yang tinggi menuju ke *head* yang rendah. (Isa Rachman1, Amin Dwi Kurniawan2).

PT. PLN (PERSERO) ULPLTD Bagan Besar PLTD Bengkalis. yang terletak di daerah Pangkalan Batang Bengkalis yang bergerak di bidang kelistrikan. Dalam proses kelistrikan sering mengalami gangguan salah satunya disebabkan oleh kebocoran pipa radiator pada mesin *caterpillar type 3512b*, Kelemahan instalasi pipa sering mengalami kebocoran yang di sebabkan oleh getaran, tekanan dan temperatur sebagai contoh, Mesin *caterpillar type 3512b* yang mengalami kebocoran pipa radiator dikarenakan getaran, tekanan dan temperatur.

Kebocoran pipa radiator pada mesin *caterpillar type 3512b* dapat menyebabkan terjadinya perubahan / tekanan pada setiap *junction node* (titik persimpangan) dalam sambungan pipa radiator. Pola perubahan tekanan ini dapat dianalisis dengan mendeteksi letak dan besar kebocoran yang terjadi pada sambungan pipa radiator, Masalah kebocoran

pipa radiator pada mesin *caterpillar type 3512b* yang terjadi di PT. PLN (PERSERO) ULPLTD Bagan Besar PLTD Bengkalis Pangkalan Batang Bengkalis merupakan masalah yang cukup serius untuk di atasi karena sangat berpengaruh pada kualitas dan proses kelistrikan.

Dalam upaya pencegahan kebocoran yang diakibatkan oleh getaran, tekanan dan temperatur pada pipa radiator yang terletak di PT. PLN (PERSERO) ULPLTD Bagan Besar PLTD Bengkalis yang terletak di daerah Pangkalan Batang Bengkalis, diperlukan sebuah penelitian agar diperoleh hasil yang bisa dipakai sebagai referensi perusahaan dalam upaya mencegah kebocoran secara teknis serta memperlancar proses kelistrikan.

Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kebocoran pipa radiator pada mesin *caterpillar type 3512b* yaitu dengan menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu (Chrysler, 1995).

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA)**

FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu (Chrysler, 1995).

### **2.2. Langkah Dasar *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA)**

Terdapat langkah dasar dalam proses *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) yaitu sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi fungsi pada proses produksi.
2. Mengidentifikasi potensi failure mode proses produksi.
3. Mengidentifikasi potensi efek kegagalan produksi.
4. Mengidentifikasi penyebab – penyebab kegagalan proses produksi.
5. Mengidentifikasi mode – mode deteksi proses produksi.
6. Menentukan rating severity, occurrence, detection dan RPN proses produksi.
7. Usulan perbaikan.

### **2.3. *Cause and Effect Diagram***

Diagram ini disebut juga dengan diagram tulang ikan karena bentuknya seperti ikan. Selain itu disebut juga dengan diagram Ishikawa karena yang menemukan adalah Prof. Ishikawa yang berasal dari Jepang. Diagram ini digunakan untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan dalam menentukan karakteristik kualitas output kerja, mencari penyebab – penyebab yang sesungguhnya dari suatu masalah.

### **2.4. Diagram Pareto**

Diagram Pareto (*Pareto Chart*) adalah diagram yang dikembangkan oleh seorang ahli ekonomi Italia yang bernama Vilfredo Pareto pada abad XIX (*Nasution, 2004: 114*). Diagram Pareto digunakan untuk membandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya, dari yang paling besar disebelah kiri ke yang paling kecil disebelah kanan.

Susunan tersebut membantu menentukan pentingnya atau prioritas kategori kejadian-kejadian atau sebab-sebab kejadian yang dikaji atau untuk mengetahui masalah utama proses.

### **3. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Metode Pengolahan Data**

Metode pengolahan data adalah suatu cara untuk mengadakan data primer maupun data skunder untuk keperluan penelitian dilapangan penelitian. Secara umum pengumpulan data, baik primer maupun skunder dapat dibagi atas beberapa cara, metode pengumpulan data dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### **1. Data Primer**

Data primer diperoleh dengan melakukan riset lapangan. Riset lapangan (*Field Research*) adapun cara teknik yang digunakan adalah sebagai berikut :

##### **a. Observasi**

Adalah melakukan observasi atau pengamatan langsung kelapangan terhadap kondisi sebenarnya yang terjadi didalam perusahaan yang berhubungan erat dengan permasalahan yang diteliti. Dalam penelitian ini observasi dilakukan terhadap proses pemeliharaan yang dilakukan pada mesin dan peralatan.

##### **b. Interview**

Adalah pengumpulan data dengan cara interview langsung dengan karyawan perusahaan ataupun maneger perusahaan. Metode ini dilakukan untuk mendapatkan data perawatan yang dilakukan perusahaan.

##### **c. Dokumentasi**

Merupakan teknik pengumpulan data dengan mengumpulkan data yang berupa catatan, arsip dan buku yang telah ada. Dalam penelitian ini dokumentasi yang diperlukan adalah semua data kerusakan mesin yang ada diindustri.

##### **2. Data Skunder**

Data skunder adalah data yang tidak langsung diamati oleh penulis. Data ini merupakan dokumentasi mesin, hasil penilitian yang sudah lalu dan data-data penelitian lain.

Pengujian pengambilan data ini yang telah dilaksanakan maka akan kita dapatkan hasil menggunakan grafik untuk melihat kinerja yang telah dilaksanakan. Grafik ini berfungsi untuk mengetahui nilai beban optimal yang dipakai dan jenis perawatan atau perbaikan apabila terjadi kerusakan akibat beban yang sangat tinggi.

#### **3.2 Cara Pengumpulan Data**

Pengumpulan data yang dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Teknik observasi, yaitu melakukan pengamatan langsung terhadap objek penelitian dengan melaksanakan pengamatan terhadap proses produksi pengoptimalan perencanaan perawatan.
2. Membaca buku – buku laporan administrasi serta catatan-catatan pihak perusahaan yang berhubungan dengan data yang diperlukan yaitu data pemakaian suku cadang dan data kerusakan suku cadang.
3. Teknik wawancara, yaitu melakukan wawancara dengan supervisor dan karyawan divisi produksi yang dapat memberikan informasi yang diperlukan untuk menunjang penyelesaian masalah.
4. Teknik kepustakaan, yaitu dengan membaca buku-buku dan jurnal penelitian yang berkaitan dengan penerapan *Reliability Centered Maintenance*.

#### **2. Tahapan – Tahapan Pengolahan Data**

Tahap awal yang dilakukan adalah pengumpulan data dengan cara wawancara, observasi dan penelitian langsung dilapangan/PT. PLN (PERSERO) ULPLTD Bagan Besar PLTD Bengkalis. Data yang dibutuhkan adalah :

1. Identifikasi *failure*
2. Identifikasi *function failure*
3. Identifikasi *failure mode*
4. Identifikasi *failure effect*
5. Perhitungan *severity*
6. Perhitungan *occurance*
7. Perhitungan *detection*
8. Perhitungan RPN

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Penyebab Kebocoran Pada Pipa Radiator

Getaran mesin pada pipa terjadi karena adanya mesin yang sedang beroperasi. Getaran mesin bisa terjadi secara cepat ataupun lambat tergantung dari cepat atau lambatnya mesin yang beroperasi. Dari uraian sebelumnya Getaran mesin juga bisa menyebabkan kebocoran, seperti pada pipa. Akibat dari Getaran mesin tersebut akan menimbulkan kerusakan, salah satunya terjadi kebocoran pada pipa.

##### 4.2. Hasil Pengujian Getaran *Cylinder Head* Pada Mesin *Caterpillar Type 3512b 11*

Berdasarkan hasil pengujian getaran *Cylinder Head* pada mesin *caterpillar type 3512b* unit 11. Dalam pengambilan data ini dengan waktu satu menit pada sepuluh kali percobaan. Maka dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Getaran *Cylinder Head Caterpillar Type 3512b* Unit 11.

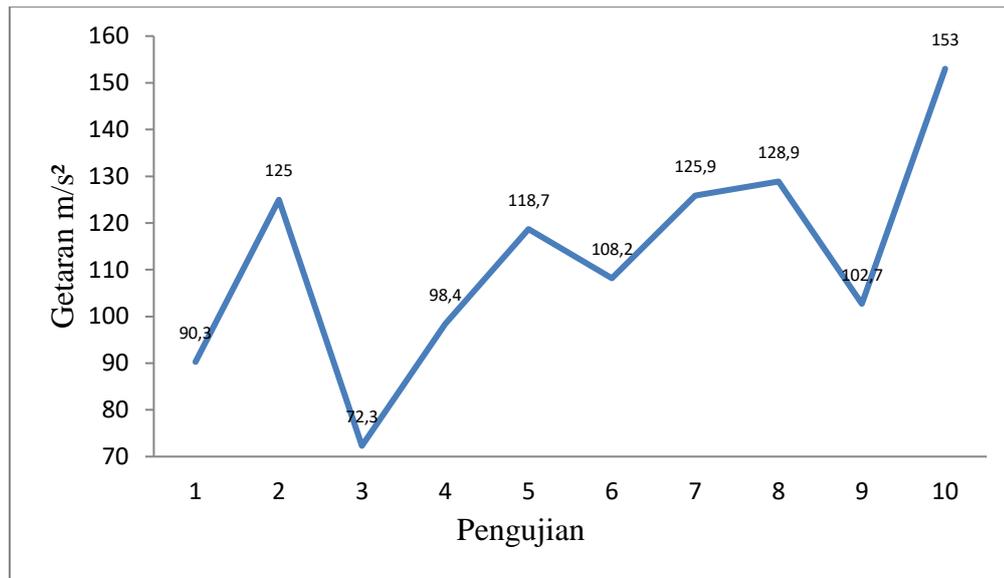
No	Waktu (Detik)	Getaran <i>Cylinder Head</i> (M/S <sup>2</sup> )
1	6	90,3
2	12	125
3	18	72,3
4	24	98,4
5	30	118,7
6	36	108,2
7	42	125,9
8	48	128,9
9	54	102,7
10	60	153

Keterangan:

Standart getaran berdasarkan ISO10816-2:

- **Normal** : < 2.8 m/s<sup>2</sup>.
- **Prewarning** : 3.8 m/s<sup>2</sup> – 5.3 m/s<sup>2</sup>.
- **Warning** : 7.5 m/s<sup>2</sup> – 8.5 m/s<sup>2</sup>.
- **Alarm** : > 11.8 m/s<sup>2</sup>.

Berdasarkan Tabel 1 diatas menunjukkan nilai getaran *Cylinder Head* arah sumbu aksial yang berbeda dalam waktu satu menit pada sepuluh kali percobaan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Getaran Arah Sumbu Axial *Cylinder Head* Mesin *Caterpillar Type 3512b* Unit 11.

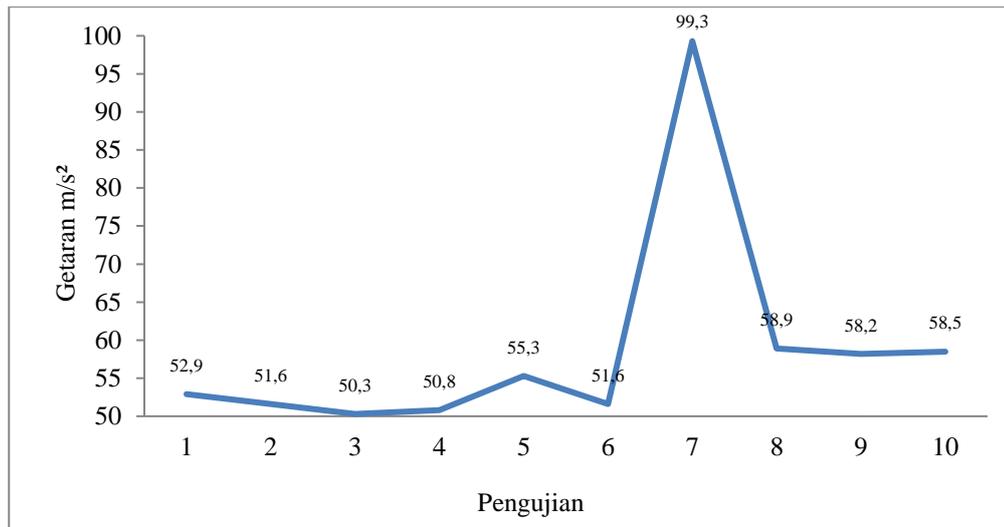
Berdasarkan Gambar 1 diatas menunjukkan hasil dari pengujian getaran *Cylinder Head*, nilai getaran yang terendah pada arah sumbu *axial* adalah 72,3 m/s<sup>2</sup> dan nilai getaran yang tertinggi pada arah sumbu *axial* adalah dengan 128,9 m/s<sup>2</sup> dalam waktu satu menit pada sepuluh kali percobaan pada getaran, dikategori sangat tidak baik digunakan dari acuan standar getaran ISO 10816-2. Penyebab naiknya getaran dan turunnya getaran pada *cylinder head* yang dilakukan penelitian disebabkan mengalami getaran pada pipa sehingga menyebabkan kebocoran pada pipa, juga tekanan dan temperatur adalah penyebab kebocoran pipa.

Berdasarkan hasil pengujian getaran Pipa Keluar Bocor pada mesin *caterpillar type 3512b* unit 11. Dalam pengambilan data ini dengan waktu satu menit pada sepuluh kali percobaan, maka dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Getaran Pipa Keluar yang Bocor Mesin *Caterpillar Type 3512b* Unit 11.

No	Waktu (Detik)	Getaran Pipa Keluar (M/S <sup>2</sup> )
1	6	52,9
2	12	51,6
3	18	50,3
4	24	50,8
5	30	55,3
6	36	51,6
7	42	99,3
8	48	58,9
9	54	58,2
10	60	58,5

Berdasarkan Tabel 2 diatas menunjukkan nilai getaran Pipa Keluar Bocor yang berbeda dalam waktu satu menit pada sepuluh kali percobaan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Getaran Pipa Keluar Bocor Pada Mesin *Caterpillar Type 3512b* Unit 11.

Berdasarkan Gambar 2 diatas menunjukkan hasil dari pengujian getaran pipa keluar bocor , nilai getaran yang terendah adalah 50,3 m/s<sup>2</sup> dan nilai getaran yang tertinggi adalah dengan nilai 99,3 m/s<sup>2</sup> dalam waktu satu menit pada sepuluh kali percobaan pada getaran, dikategori sangat tidak baik digunakan dari acuan standar getaran ISO 10816-2. Penyebab naiknya getaran dan turunnya getaran pada *cylinder head* yang dilakukan penelitian disebabkan mengalami getaran pada pipa sehingga menyebabkan kebocoran pada pipa, juga tekanan dan temperatur adalah penyebab kebocoran pipa.

2. Tekanan (*pressure*)

Didalam pipa terdapat tekanan minyak, dalam setiap pengoperasian. Dengan menjaga nilai tekanan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan maka akan mengurangi kemungkinan terjadinya tekanan minyak yang dapat mengakibatkan tekanan mesin naik dan kebocoran.

3. Temperatur

Nilai temperatur air maupun minyak juga harus dikondisikan agar tidak terjadi temperatur mesin naik (*overheat*) yang mengakibatkan kebocoran. Dari penyebab kebocoran pipa yang telah diketahui di PT. PLN (PERSERO) ULPLTD Bagan Besar PLTD Bengkalis bahwa yang sering terjadi dan berpengaruh pada pipa yaitu getaran mesin, tekanan dan temperatur.

Tabel 3. Tekanan dan Temperatur.

No	Keterangan	Nilai
1	Coolant temperatur	91°C
2	Oil temperatur	100°C
3	Oil pressure	476 kP

4.3. Mengurangi Tingkat Kebocoran Pipa Radiator

Lem besi *dextone* adalah lem besi paling kuat dengan kualitas yang tinggi yang dapat merekatkan besi, baja, tembaga, plastik, kayu, keramik dan bermacam material lain. Tindakan yang dilakukan untuk mengurangi tingkat kebocoran pipa radiator, dilakukan perbaikan dengan cara menambal menggunakan lem *dextone*.

4.4. Hasil Pengambilan Data

Berdasarkan data perawatan pada mesin *caterpillar type 3512b* dibagian kebocoran pipa radiator didapatkan hasil seperti Tabel 4.

Tabel 4. Potensi Kegagalan.

No	Potensi Kegagalan	Siklus Kegagalan
1	Pipa Masuk	12 Bulan

2	Pipa Keluar Bocor	12 Bulan
3	Selubung Air	12 Bulan
4	Media Pendingin	12 Bulan
5	Pelepas Panas ( Radiator )	12 Bulan

**4.5. Menentukan Nilai Severity, Occurance, Detection dan RPN**

Tabel 5. Nilai Severity, Occurance, Detection dan RPN.

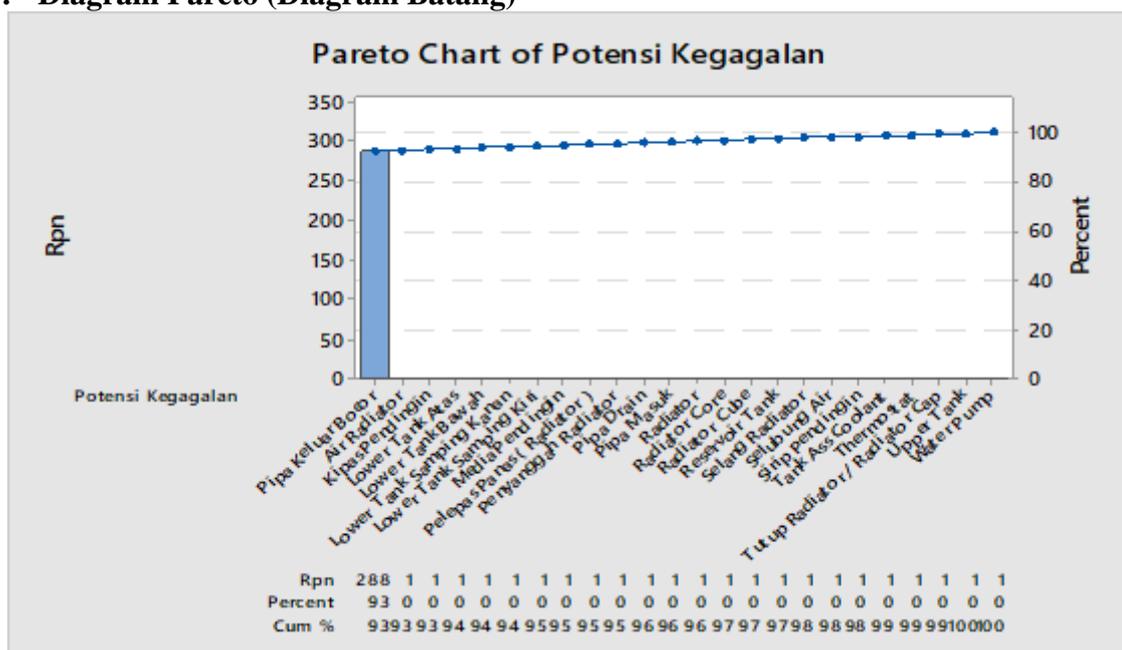
No	Potensi Kegagalan	Severity	Occurance	Detection	RPN
1	Pipa Masuk	1	1	1	1
2	Pipa Keluar Bocor	9	8	4	288
3	Selubung Air	1	1	1	1
4	Media Pendingin	1	1	1	1
5	Pelepas Panas ( Radiator )	1	1	1	1

**4.6. Analisa Data Kerusakan**

Tabel 6. Analisa Data Kerusakan Dengan FMEA.

No	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Problem Solving
1	Pipa Masuk	1. Kebcoran 2. Temperatur Mesin Naik ( <i>Overheat</i> )	1. Getaran Mesin 2. Tekanan dan Temperatur	Dilakukan perbaikan dengan cara menambal menggunakan lem <i>dextone</i>
2	Pipa keluar Bocor	1. Kebcoran 2. Temperatur Mesin Naik ( <i>Overheat</i> )	1. Getaran Mesin 2. Tekanan dan Temperatur	Dilakukan perbaikan dengan cara menambal menggunakan lem <i>dextone</i>
3	Selubung Air	1. Mesin Trip (Mati)	1. Retak	Dilakukan perbaikan dengan cara menambal menggunakan lem <i>dextone</i>
4	Media Pendingin	1. Kondisi mesin tidak maksimal 2. Ruang Pembakaran Tidak Sempurna	1. Patah 2. Bering (Karena Gesekan)	Dilakukan penggantian komponen/ <i>spare parts</i>
5	Pelepas Panas (Radiator)	1. Suhu Mesin Meningkat	1. Karena adanya tekanan pada mesin	Dilakukan penggantian komponen/ <i>spare parts</i>

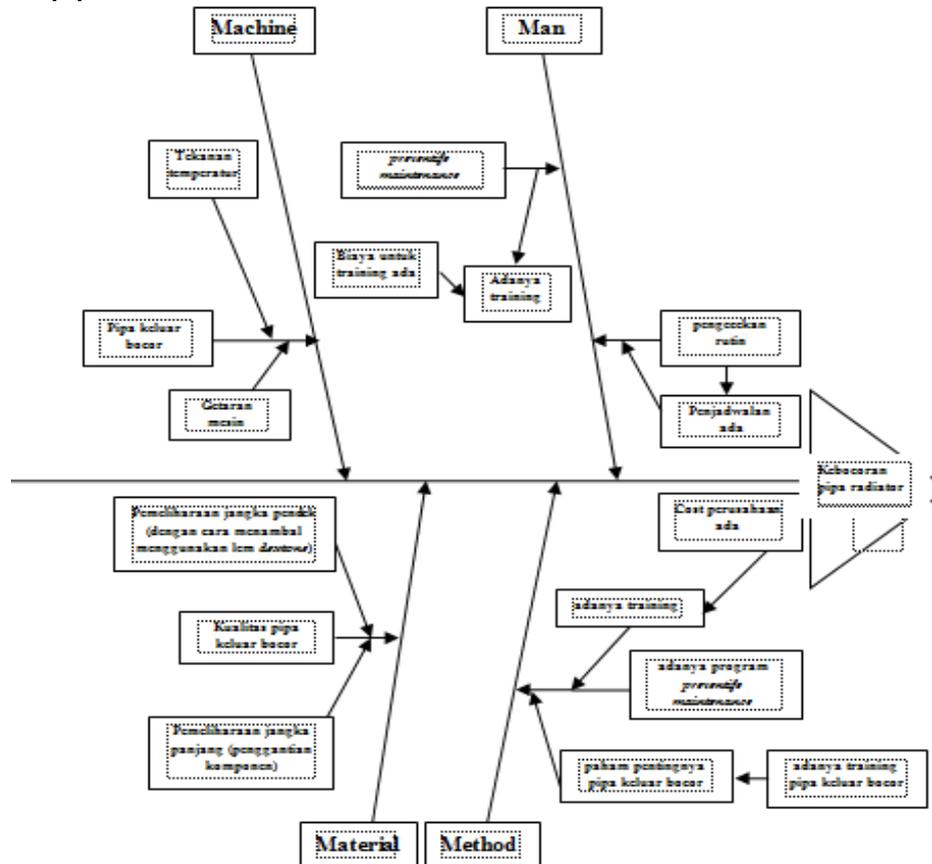
**4.7. Diagram Pareto (Diagram Batang)**



Gambar 3 Pareto Chart Of failure.

#### 4.8. Cause And Effect Diagram (Diagram Ishikawa / Diagram Tulang Ikan)

1. berikut ini adalah diagram sebab akibat yang paling patal kebocoran yaitu kebocoran pada pipa radiator.



Gambar 4. Fishbone Sebab Akibat Kebocoran Pada Pipa Radiator.

Pada gambar 4 diatas diperlihatkan berbagai kemungkinan penyebab potensi kegagalan proses kebocoran pipa radiator pada masalah kerusakan pada pipa keluar bocor. Pada fishbone diagram digambar 4.2 ditunjukkan bahwa dari berbagai penyebab ditetapkan kebocoran pipa radiator berupa kondisi kerusakan pipa keluar bocor, yaitu permukaannya telah mengalami cacat yang dominan temperatur mesin naik (*overheat*).

**Recommended Action** : lakukan perbaikan dengan cara menambal menggunakan lem *dextone*.

**Potensial Cause / Mechan Of Failure** : pipa keluar radiator mengalami kebocoran.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa kebocoran komponen pipa radiator Mesin *Caterpillar Type 3512b* Dengan Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* dan Hasil Pengujian Getaran Pada Mesin *Caterpillar Type 3512 B* DI PT. PLN (PERSERO) ULPLTD Bagan Besar PLTD BENGKALIS dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil dari pengujian getaran pada *Cylinder Head* Arah Sumbu *Axial* dan Pipa Keluar Bocor Mesin *Caterpillar Type 3512 B* Unit 11, 13, 3 dan 5, nilai getaran yang terendah dan nilai getaran yang tertinggi dalam pengambilan data ini dengan waktu satu menit pada sepuluh kali percobaan pada getaran, dikategori sangat tidak layak digunakan dari acuan standar getaran ISO 10816-2. Penyebab naiknya getaran dan turunnya getaran pada *cylinder head* yang dilakukan penelitian disebabkan mengalami getaran pada pipa sehingga menyebabkan kebocoran pada pipa, juga tekanan dan temperatur adalah penyebab kebocoran pipa.

2. Dalam aspek S=Severity untuk masing-masing potensi kegagalan proses dan potensi akibatnya dari dua puluh empat fungsi utama radiator berdasarkan penyebab kegagalan yang terjadi dalam skor 1-10 didapatkan nilai severity tertinggi (nilai 9) pada Pipa Keluar Bocor, sedangkan nilai terkecil (nilai 1) jatuh pada dua puluh tiga fungsi radiator, kecuali yang tidak termasuk adalah pipa keluar bocor. Semakin besar nilainya, maka semakin tinggi resiko kegagalan sehingga membutuhkan perhatian dan tindakan pencegahan.
3. Pada hasil pemberian skor dalam aspek O=Occurance untuk masing-masing potensi kegagalan proses dan potensi akibatnya dari dua puluh empat fungsi utama radiator berdasarkan pertimbangan yang sama dengan pemberian nilai Severity dalam rangking skor 1-10 didapatkan Nilai Occurance tertinggi (nilai 8) pada fungsi pipa keluar bocor. Sedangkan nilai terkecil (nilai 1) jatuh pada dua puluh tiga fungsi radiator, kecuali yang tidak termasuk adalah pipa keluar bocor, dengan potensi kegagalan berupa akibat mesin trip (mati). Semakin besar nilainya, maka semakin tinggi resiko kegagalan sehingga membutuhkan perhatian dan tindakan pencegahan.
4. penilaian dalam aspek D=Detection yang menunjukkan pemberian skor untuk masing-masing potensi kegagalan proses dan potensi akibatnya. Pada tabel 5, diatas dalam rangking skor 1-10 didapatkan Nilai Detection tertinggi (nilai 4) pada fungsi kegagalan pipa keluar bocor dengan potensi kegagalan berupa kebocoran. Sedangkan nilai terkecil (nilai 1) jatuh pada dua puluh tiga fungsi radiator, kecuali yang tidak termasuk adalah pipa keluar bocor. Semakin besar nilainya, maka semakin tinggi resiko kegagalan sehingga membutuhkan perhatian dan tindakan pencegahan.
5. Berdasarkan hasil dari perbandingan nilai RPN dan digolongkan menggunakan diagram pareto ada satu komponen menjadi prioritas utama untuk melakukan perawatan diantaranya adalah pipa keluar bocor (288). Menjadi komponen yang paling kritis yang paling sering mengalami kegagalan dengan RPN tertinggi.
6. Pada *fishbone* diagram digambar 4 ditunjukkan bahwa dari berbagai penyebab ditetapkan kebocoran pipa radiator berupa kondisi kerusakan pipa keluar bocor, yaitu permukaannya telah mengalami cacat yang dominan temperatur mesin naik (*overheat*).

## **5.2 Saran**

1. Diharapkan bagi karyawan PT. PLN (PERSERO) ULPLTD Bagan Besar PLTD Bengkalis untuk lebih menyadari dampak atau akibat yang akan ditimbulkan jika terjadi kebocoran pada pipa radiator yang disebabkan oleh getaran, tekanan (*pressure*) dan temperatur kemudian melakukan tindakan-tindakan pencegahan, serta menerapkan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) .
2. Bagi peneliti selanjutnya agar bisa mengembangkan penelitian lebih lanjut tentang kebocoran pada pipa radiator mesin *caterpillar* agar dapat memberi solusi yang tepat dalam penanganannya.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- Anthony Bob Muhamad, 2016 Analisis Penyebab Kerusakan Hot Rooler Table Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Fmea).
- Darmein, Ibrahim Akhyar, Maulana Irfan, (Darmein dkk., 2017) Analisa Kerusakan Komponen Undercarriage Excavator Hitachi Ex200 Pada Pt. Takabeya Perkasa Group Dengan Metode Fmea
- Galuh Renggani Wilis, Hidayat Royan, 2017 Analisis Getaran Kompresor Mesin Pendingin Dengan Variasi Putaran (RPM).
- Hadi Syafrul, 2011 Pengaruh Model Kebocoran Pipa Samping Terhadap Fluktuasi Tekanan Aliran Dua Fase Air-udara Pada Pipa Horisontal.

- Martanto Arif, Puspitasari Budi Nia, 2014 Analisa FMEA Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung Atm (Alat Tenun Mesin) (Studi Kasus PT. Asaputex Jaya Tegal).
- Nugraha Dwi Winardi, Studi Kehilangan Air Akibat Kebocoran Pipa Pada Jalur Distribusi PDAM Kota Magelang, UNDIP
- Rasma, Purnomo Hendro, 2018 Analisis Kebocoran Air Pendingin Dari Radiator Pada Bulldozer Tipe D375a-5.
- Rusnaldy, Nugroho Sri, 2014 Analisa Kebocoran Pipa Reformer Disebuah Perusahaan Petrokimia.
- Santoso Aji Dwi, Kholil Muhammad, Hasbullah Hasbullah, (Aji Dwi dkk., 2017) Analisa Kegagalan Proses Insulasi Pada Produksi Automotive Wires (Aw) Dengan Metode *Failure Mode And Efecct Analysisi* (FMEA) Pada PT JLC.
- Taufiq M.,suraniyanto Yuyut, Sulistyو Teguh, (M. Suraniyanto dkk., 2015) Pengujian Kebocoran Sistem Pendingin genset Brv20 Rsg-gas Dengan Menggunakan Pressure Test Pump.
- Umar<sup>1</sup> Hardiyanto Taufiq Muh, Abbas<sup>1</sup> Zaky Ahmad, Salam<sup>2</sup> Umraeni A. Ejah, Dr. Indar Chaerah Gunadin, ST.,MT, (Hariyanto Taufiq Muh dkk., 2014). Sistem Deteksi Kebocoran pada Jaringan Pipa Air PDAM Menggunakan Analisis Tekanan dengan Metode *Extreme Learning Machine*, Universitas Hasanuddin.