

# Penentuan Interval Waktu Preventive Maintenance Mesin Dengan Tindakan Berdasarkan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT PLN (Persero) UPK Bukittinggi

Dedi Erawadi<sup>1</sup>, Tri Artono<sup>2</sup>, Ibnul Nanda Rianza<sup>3</sup>, Hendra<sup>4\*</sup>, Adriansyah<sup>5</sup> dan Abdul Halim<sup>6</sup>

<sup>1,2,3</sup>Department of Electrical Engineering, Politeknik Negeri Padang, Sumatera Barat 21562, Indonesia

<sup>4,5</sup>Department of Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Padang, Sumatera Barat 21562, Indonesia

<sup>6</sup>Department of Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Samarinda, Kalimantan Timur 75131, Indonesia

## Article Info

### Article history:

Received :  
July 08<sup>th</sup>, 2022

Revised :  
July 14<sup>th</sup>, 2022

Accepted  
July 25<sup>th</sup>, 2022

## ABSTRAK

UPK Bukittinggi merupakan perusahaan listrik negara yang membidangi 3 PLTA di Sumatera Barat dengan visi menjadi perusahaan listrik terkemuka se-Asia Tenggara. Untuk mewujudkan visi tersebut, perusahaan harus terus memantau tingkat produktivitas yang baik pada kualitas performa mesin yang harus tetap terjaga. Untuk itu, perlu dilakukan usulan perencanaan perawatan mesin (*preventive maintenance*) di setiap PLTA dengan tindakan berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Tujuan penelitian adalah menghitung jumlah waktu untuk perbaikan (*Mean Time To Repair*) dan jumlah waktu terjadi kerusakan (*Mean Time To Failure*) serta menentukan jadwal interval waktu perawatan pada *equipment* yang mengalami *downtime* tertinggi di UPK Bukittinggi. Dimana metode RCM ini diintegrasikan dengan metode *Failure Mode Effects Analysis* (FMEA) yang digunakan sebagai analisis mode kegagalan yang terjadi dengan menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi pada mesin dan selanjutnya menghitung interval waktu kerusakan sebagai dasar penentuan penjadwalan perawatan yang dilakukan. Hasil penelitian bahwa dengan penjadwalan rutin perawatan mesin akan diperoleh dengan interval waktu yang didapatkan interval waktu dan tindakan perawatan menggunakan metode RCM tersebut.

**Kata kunci:** *motor preventive maintenance, reliability centered maintenance (RCM), Failure Mode Effects Analysis (FMEA)*

## ABSTRACT

UPK Bukittinggi is a state electricity company in charge of 3 hydropower plants in West Sumatra with a vision to become the leading electricity company in Southeast Asia. To realize this vision, the company must continue to monitor a good level of productivity on the quality of engine performance which must be maintained. For this reason, it is necessary to propose a preventive maintenance plan for each hydropower plant with actions based on the *Reliability Centered Maintenance* (RCM) method. The purpose of the study was to calculate the amount of time for repair (*Mean Time To Repair*) and the amount of time the damage occurred (*Mean Time To Failure*) as well as determine the maintenance time interval schedule for the equipment experiencing the highest *downtime* at UPK Bukittinggi. Where the RCM method is integrated with the *Failure Mode Effects Analysis* (FMEA) method which is used as an analysis of the failure mode that occurs by calculating the highest *Risk Priority Number* (RPN) value on the machine and then calculating the time interval for damage as the basis for determining the maintenance schedule. The result of the research is that with routine scheduling of machine maintenance will be obtained with time intervals obtained by time intervals and maintenance actions using the RCM method.

**Keywords:** *motor preventive maintenance, reliability centered maintenance (RCM), Failure Mode Effects Analysis (FMEA)*

Copyright © 2022 Jurnal Teknologi MEDIA PERSPEKTIF  
All rights reserved

## Corresponding Author:

Hendra  
Department of Mechanical Engineering  
Politeknik Negeri Padang,  
Jl. Kampus, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25164, Indonesia  
Email: [hendraaya1962@gmail.com](mailto:hendraaya1962@gmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

Tujuan dari proses di dalam perusahaan industri adalah menghasilkan suatu produk. produk merupakan hasil utama dari suatu proses produksi yang membentuk suatu sistem produksi. Agar suatu sistem produksi dapat terus berjalan, maka dibutuhkan kegiatan-kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) terhadap peralatan dan mesin-mesin produksi. Menurut [1], *maintenance* adalah suatu kegiatan untuk memelihara dan menjaga fasilitas yang ada serta memperbaiki, melakukan penyesuaian atau penggantian yang diperlukan untuk mendapatkan suatu kondisi operasi produksi agar sesuai dengan perencanaan yang ada. Kegiatan ini dapat dicapai dengan cara kemacetan atau kendala sekecil mungkin, sehingga sistem dapat bekerja secara efisien. Namun, seringkali yang terjadi adalah kelalaian dan perawatan baru dilaksanakan apabila kerusakan telah terjadi dalam sistem produksi yang menyebabkan penambahan biaya perawatan.

Mesin-mesin produksi yang tiba-tiba rusak merupakan salah satu penyebab utama tingginya downtime. Kebanyakan penyebab ini yang terjadi pada perusahaan-perusahaan dan menyebabkan tidak efektifnya proses produksi yang dilakukan. PT.PLN (persero) UPK Bukittinggi merupakan perusahaan listrik yang memiliki 3 Pembangkit Listrik Tenaga Air di Sumatera Barat. Pemeliharaan rutin yang dilakukan adalah *predictive maintenance* dan *corrective maintenance*. Jenis proses yang dilakukan pada masing-masing PLTA ini adalah continue (terus menerus). Pada *predictive maintenance* yang dilakukan sudah sangat baik tetapi hanya dilakukan pada mesin yang sudah rutin dilaksanakan saja. Maka karena hal itu, sering terjadinya kerusakan pada mesin-mesin yang tidak dapat penjadwalan rutin untuk perawatannya

Dengan adanya penerapan RCM ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam proses perawatan mesin dan dapat mengetahui interval waktu antar kerusakan mesin sehingga didapatkan hasil penjadwalan perawatan secara *preventive* dengan tepat [2] [3].

### TINJAUAN TEORI

#### *Maintenance (pemeliharaan/perawatan)*

*Maintenance* berasal dari kata dalam bahasa Inggris yang berarti sebagai sebuah tindakan untuk menjaga sesuatu dalam kondisi baik dengan memeriksa atau memperbaikinya secara teratur. *Maintenance* adalah semua tindakan teknik dan administratif yang dilakukan untuk menjaga agar kondisi mesin/peralatan tetap baik dan dapat melakukan segala fungsinya sesuai dengan tingkat keamanan yang tinggi. Konsensus atas konseptualisasi dan operasionalisasi pemeliharaan aktivitas fisik diperlukan untuk menarik kesimpulan mengenai kebijakan dan program mana yang paling mampu mendorong perubahan perilaku jangka panjang [4]

#### *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

*Reliability centered maintenance* merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar suatu asset fisik dapat berlangsung terus memnuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini. *Reliability centered maintenance* adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap item fisik atau suatu sistem berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh penggunaannya [5]. RCM dapat digunakan untuk membuat strategi perawatan yang efektif untuk mengatasi penyebab dominan dari kegagalan peralatan. *Reliability centered maintenance* (RCM) memiliki konsep dan prinsip tersendiri sebagai strategi perawatan untuk memberikan dampak pada kinerja dan keandalan sistem [6] [7] [8].

#### *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

*Failure mode effect analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan yang berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan [9][10]. Menurut [11][12], definisi *failure mode effect analysis* adalah sebuah teknik analisa yang menggabungkan teknologi dan pengalaman dalam mengidentifikasi modus kegagalan dari proses dan perencanaan agar dapat diambil suatu tindakan.

#### *Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)*

Perhitungan MTTF dan MTTR dengan menggunakan parameter untuk masing-masing komponen. MTTF merupakan waktu rata-rata terjadinya kerusakan dan MTTR merupakan waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan perbaikan. Perhitungan ini dilakukan agar didapat interval waktu perawatan dari equipment yang mengalami kerusakan tertinggi di UPK Bukittinggi.

## 2. METODOLOGI

Metoda ini digunakan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk penyelesaian masalah yang ditemukan dalam laporan ini di kantor PT PLN (Persero) UPK Bukittinggi. Data-data yang dibutuhkan dalam metode ini adalah :

1. Data-data *Service Request* (SR) / report gangguan peralatan yang ada di tiga unit PLTA di UPK Bukittinggi pada Tri Wulan 1 (TW 1) dari bulan Juli 2020 sampai dengan bulan Maret 2021. Proses pengambilan data ini dilakukan dengan cara kunjungan langsung ke kantor PT PLN (Persero) UPK Bukittinggi di bagian Enjiniring yang khususnya di bidang pengelola sistem. Data-data yang ada di bidang pengelola sistem ini adalah data yang sudah direkap selama TW 1, dan data yang didapat berupa soft file dalam bentuk Microsoft excel. Data yang didapat harus sesuai dengan pokok permasalahan yang terjadi, agar tidak terjadi kesalahan data yang didapat dan data yang diperlukan.

Proses dari usulan atau pembuatan SR yang dilakukan di UPK Bukittinggi dapat dilihat dilihat pada tahap dibawah ini :

- Pertama, operator di managing center menerima informasi dari tim pemeliharaan dari unit PLTA yang terjadi kerusakan dan gangguan terhadap equipment nya. Setelah pelaporan valid, disertai dengan data yang diberikan dari tim pemeliharaan ini, maka SR akan dibuatkan oleh operator di aplikasi Maximo dengan menggunakan webmail PLN yang sudah ada.
  - Kedua, melakukan pengisian data gangguan atau pelaporan dari tim pemeliharaan dengan menginput terlebih dahulu equipment yang mengalami kendala. Pengisian ini dilakukan dengan menentukan unit yang bermasalah, dengan gejala yang terjadi. Setelah itu, apa dampak yang akan terjadi setelah gejala diberitahukan. Lalu apa risiko yang didapat karena dampak yang sudah terjadi. Dan setelah itu diberikan catatan untuk tindakan yang harus dilakukan. Kriteria dari gangguan ini ada 2 nantinya yaitu Normal dan Urgent. Untuk kriteria normal disini dibutuhkan waktu sebulan kurang lebih, karena gangguan ini tidak mengganggu sistem yang sedang beroperasi dan juga untuk komponen-komponen nya belum tersedia ditempat dan harus menunggu persetujuan untuk melakukan tindakan tersebut. Sedangkan untuk kriteria Urgent harus dilaksanakan segera mungkin atau dibutuhkan waktu 1 minggu untuk melakukan perbaikan karena sudah mengganggu sistem yang beroperasi dan juga dikarenakan peralatan serta komponennya sudah tersedia dilokasi gangguan tersebut
  - Ketiga, melakukan proses pengajuan terhadap tim rental har untuk ditinjau kembali atau diperiksa agar terjadinya koordinasi yang baik supaya mendapatkan perintah tindakan untuk melakukan gangguan tersebut. Tim rental har (perencanaan dan pengendalian pemeliharaan) juga melakukan koordinasi dengan tim gudang untuk persediaan barang yang dibutuhkan.
2. Data FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) peralatan yang sudah ditentukan oleh tim dari pengelola sistem UPK Bukittinggi. Proses pengambilan data ini dilakukan sama dengan pengambilan data sebelumnya di bagian enjiniring yang khususnya dibidang pengelola sistem. Data-data yang didapat juga berupa soft file dalam bentuk Microsoft excel yang sudah direkap pada TW 1. Pada pengambilan FMEA ini, data yang diambil ini harus sesuai dengan peralatan yang menjadi pokok permasalahannya. Agar tidak terjadi kesalahan data yang membuat perbedaan antara data yang diperlukan dengan data yang didapat.
3. Data-data RCM (*Reliability Centered Maintenance*) peralatan yang ada pada tim pengelola sistem UPK Bukittinggi. Sama hal nya dengan pengambilan data sebelumnya, data RCM ini didapat di bagian enjiniring khususnya bidang pengelola sistem. Data-data yang didapat ini akan di analisa kembali agar tidak terjadi kesalahan dalam memasukkan data yang diberikan. Proses pengambilan data-data yang dibutuhkan ini, harus koordinasi juga antara tim rental har dan rental operasi agar tidak terjadi kesalahan data yang didapat. Karena data ini mencakup 2 bidang yang saling bekerja sama untuk menyelesaikan permasalahan yang muncul pada ketiga unit PLTA di UPK.

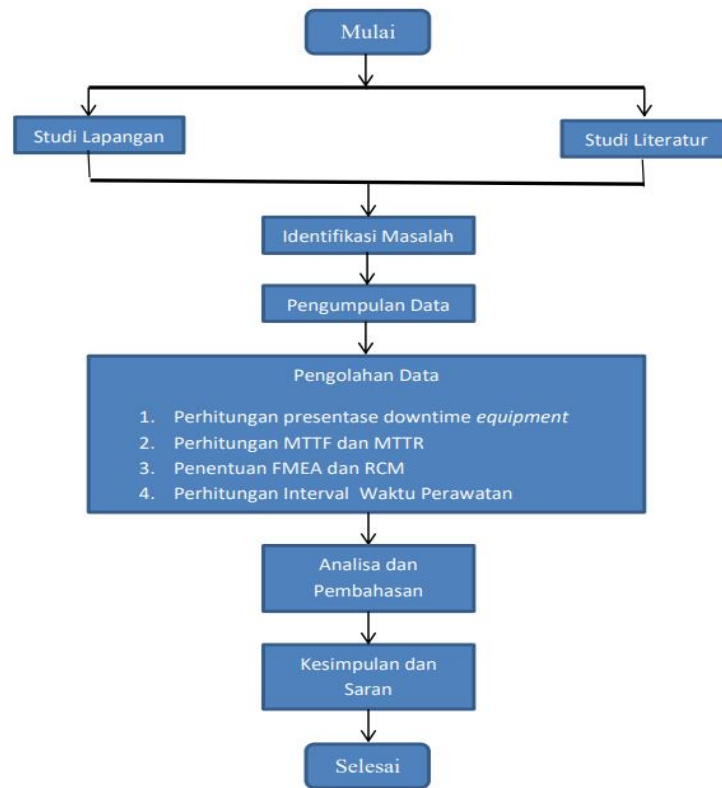
### **Metoda Pengolahan Data**

Dari data yang didapat , pengolahan data yang akan dilakukan nantinya dengan menggunakan rumus-rumus yang sudah didapat yaitu : [13] [14] [15].

1. Perhitungan FMEA (*Failure and Effect Analyze*);
2. Perhitungan parameter TTF (*Time To Failure*) dan TTR (*Time To Repair*);
3. Perhitungan MTTF (*Mean Time To Failure*);
4. Perhitungan MTTR (*Mean Time To Repair*);
5. Perhitungan Interval waktu perawatan.

**Diagram Alir Proses Penelitian**

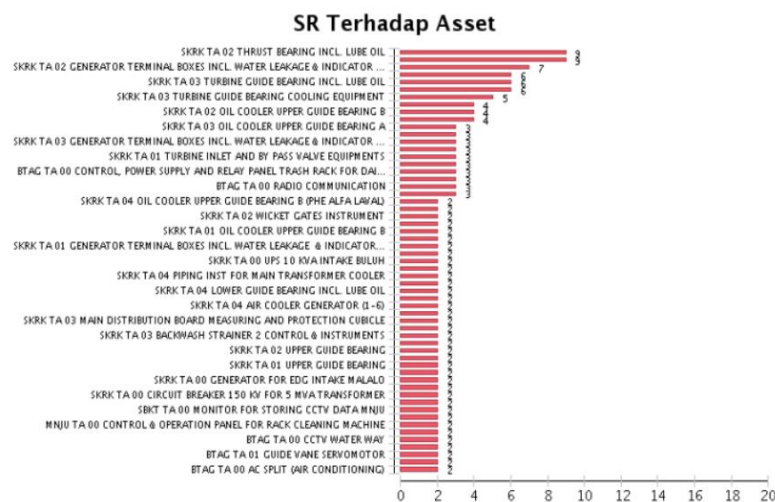
Dalam diagram alir proses penelitian ini akan digambarkan dalam bentuk flowchart pada pada **Gambar 1** dibawah.



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengumpulan data yang diambil untuk penelitian ini pada TW 1 (Tri Wulan 1) dari bulan April 2020 sampai bulan April 2021. Data yang didapat dari rekapitulasi *service request equipment* yang terbit terbanyak pada periode TW 1 dan akan diolah sebagai acuan untuk menentukan interval waktu perawatan di UPK Bukittinggi.



**Gambar 2.** Pareto service request terhadap asset UPK Bukittinggi pada TW 1  
Sumber : Data lapangan engineering Bukittinggi

Dari pareto diatas, terlihat bahwa ada beberapa *equipment* yang mengalami SR di TW 1. Yang mengalami SR terbanyak yaitu pada *equipment* thrust bearing. Jadi data *equipment* akan diolah yaitu pada *thrust bearing* pada unit 2 PLTA Singkarak dengan jumlah SR terbit 9x . Data thrust bearing ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 1.** Run Out Maksimum dan Hasil Pemeriksaan Run Out

No	Deskripsi	Priority	Feat Type	Detail SR	Target Start	Target Finish	Tanggal SR Resolved	SK	W04	W05	W06	W07	Actual Finish	
SR11705	SKR#2 UZ THRUST BEARING MLT TEMP STAGE 1ALM	URGENT	FLM	GEJALA - JAM N-45H MUNCUL ALARM "UZ THST BRGHTLTEMP STAGE 1ALM" PADA MONITOR HIS DAMPAK - METAL TEMPERATUR THRUST BEARING NAHI (TINGGI) RISIKO - DAPAT MENYEBABKAN UNIT TRIP PADA STAGE 2 TINDAKAH YANG TELAH DILAKUKAN - MELAKUKAN CHANGE OVER UPPER COOLER DARI B KE A, COOLER B CATATAN TAMBAHAN - LAKUKAN PEMBERESAN COOLER UPPER B	Apr 10, 2020 9:00 AM	Apr 24, 2020 4:00 PM	Apr 12, 2020 5:30 PM	D						
SR11439	SKR#2 Upper Thrust Bearing alarm tgl 1	URGENT	CM	GEJALA - Pada saat operasi dengan beban 32,4 MW koalar alarm "Thrust Bearing alarm tgl" DAMPAK - Temperatur Upper thrust bearing meningkat signifikan, terbeca 90 C pada analag (ruah dalam RISKWO - Dapat mengakibatkan unit trip DEVIASI - ... TINDAKAH YANG TELAH DILAKUKAN - Menopankan Cooler yang alarm tgl (dua Cooler beroperasi) CATATAN TAMBAHAN - ...	Jul 22, 2020 9:00 AM	Jul 29, 2020 9:00 AM	Oct 7, 2020 3:40 PM	C	W05 3440 3	COOP			Sep 14, 2020 12:45 PM	
SR11549	SKR#2 TEMPERATURE THRUST BEARING HIGH	URGENT	CM	GEJALA - MUNCUL ALARM "UZ THRUST BEARING TEMP STAGE 1 PADA HIS, DAN PADA SAAT PATROL CEK DAMPAK - TEMPERATUR THRUST BEARING TINGGI RISIKO - DAPAT MENYEBABKAN UNIT TRIP TINDAKAH YANG TELAH DILAKUKAN - PETUGAS OPERATOR LOKAL MELAKUKAN PENAMBAHAN COOLER CATATAN TAMBAHAN - TOLONG UNTUK DILAKUKAN PEMBAHASAN LEBIH LANJUT (SEKARANG	Aug 19, 2020 7:00 PM	Aug 17, 2020 4:00 PM		D	W04 0066 4	WOU TAG E				
SR11824	SKR#2 Alarm Temperatur Upper Thrust Bearing Stage 1	URGENT	CM	GEJALA - Pukul 11:56 Pada saat Operasi dengan beban 42,2 MW koalar Indikasi UZ Thrust BRGHTLTEMP STG1 DAMPAK - Temperatur Upper Thrust bearing naik (pada dial temperatur terbeca 79,5 derajat) RISIKO - Dapat mengakibatkan Trip DEVIASI - ... TINDAKAH YANG TELAH DILAKUKAN - melakukan Change Over Cooler Upper dari A ke B (Temperatur terbeca CATATAN TAMBAHAN - Harap dilakukan pembersihan Cooler Upper A	Oct 1, 2020 8:00 PM	Oct 1, 2020 4:00 PM	Oct 7, 2020 3:20 PM	C	W06 3257 2	COOP				Oct 6, 2020 11:30 AM
SR11909	SKR#2 ALARM THRUST BEARING METAL STAGE 1	URGENT	CM	GEJALA - Pukul 11:05 Pada saat Operasi dengan beban 42,5 MW koalar Indikasi UZ Thrust BRGHTLTEMP STG1 DAMPAK - Temperatur Thrust bearing naik (pada dial temperatur terbeca 79,5 derajat) RISIKO - Dapat mengakibatkan Trip DEVIASI - ... TINDAKAH YANG TELAH DILAKUKAN - melakukan Change Over Cooler Upper dari A ke B (Temperatur terbeca CATATAN TAMBAHAN - Harap dilakukan pembersihan Cooler Upper A	Oct 5, 2020 9:00 AM	Oct 12, 2020 4:00 PM		C	W04 3392 9	CAH				
SR12150	SKR#2 - UPPER THRUST BEARING ALARM STG1	NORMAL	CM	GEJALA - Tanggal 20/11/2020 (Jum ah), SKR#2 koalar indikasi alarm Upper thrust bearing temp tgl, dilakukan DAMPAK - Kenaikan Temperatur Thrust Bearing RISIKO - Menyebabkan unit Trip jika rampang tgl (97 C) DEVIASI - 4C TINDAKAH YANG TELAH DILAKUKAN - Melakukan Change over cooler dari B ke A, setelah di change over CATATAN TAMBAHAN - Cooler B dibersihkan 7 minggu yang lalu (kemungkinan Cooler masih Bersih),	Nov 20, 2020 9:00 AM	Dec 20, 2020 4:00 PM		D	W04 6446 3	CAH				
SR12190	SKR#2 - UPPER THRUST BEARING ALARM STG1	NORMAL	CM	GEJALA - Tanggal 20/11/2020 (Jum ah), SKR#2 koalar indikasi alarm Upper thrust bearing temp tgl, dilakukan DAMPAK - Kenaikan Temperatur Thrust Bearing RISIKO - Menyebabkan unit Trip jika rampang tgl (97 C) DEVIASI - 4C TINDAKAH YANG TELAH DILAKUKAN - Melakukan Change over cooler dari B ke A, setelah di change over CATATAN TAMBAHAN - Cooler B dibersihkan 7 minggu yang lalu (kemungkinan Cooler masih Bersih),	Nov 20, 2020 9:00 AM	Dec 20, 2020 4:00 PM		D	W04 7079 3	WH ATL				
SR12207	SKR#2 - UPPER THRUST BEARING METAL TEMP STG 1	NORMAL	CM	GEJALA - Tanggal 20/11/2020 (Sabtu) jam 13:44 WIB, SKR#2 koalar indikasi alarm Upper thrust bearing temp tgl, dilakukan DAMPAK - Kenaikan Temperatur Thrust Bearing RISIKO - Menyebabkan unit Trip jika rampang tgl (97 C) DEVIASI - 4C TINDAKAH YANG TELAH DILAKUKAN - Melakukan Change over cooler dari A ke B, setelah di change over CATATAN TAMBAHAN - Cooler A dibersihkan 7 minggu yang lalu (kemungkinan Cooler masih Bersih),	Dec 1, 2020 9:00 AM	Dec 21, 2020 4:00 PM		A	W04 7666 3	WOU TAG E				
SR12954	SKR#2 - UPPER THRUST BEARING ALARM STG1	NORMAL	CM	GEJALA - Tanggal 20/11/2020 (Sabtu), SKR#2 koalar indikasi alarm Upper thrust bearing temp tgl, dilakukan DAMPAK - Kenaikan Temperatur Thrust Bearing RISIKO - Menyebabkan unit Trip jika rampang tgl (99 C) DEVIASI - 7C TINDAKAH YANG TELAH DILAKUKAN - Melakukan Change over cooler upper dari B ke A, setelah di change over CATATAN TAMBAHAN - cooler B (kembali) ditutup	Mar 23, 2021 9:00 AM	Apr 2, 2021 4:00 PM	Apr 6, 2021 2:43 PM	D	W07 7912 4	COOP			Apr 6, 2021 12:00 PM	

Sumber : Data lapangan engineering Bukittinggi

Dari data thrust bearing yang didapat pada **Tabel 1**, terdapat beberapa kerusakan yang terjadi dan juga interval waktu pengerjaan dimulai (*start*) dan waktu pekerjaan selesai (*finish*). Setelah didapat *equipment* yang mengalami kerusakan tertinggi pada periode bulan April 2020 sampai dengan April 2021 tersebut, adapun data operasi untuk mengoptimalkan sistem pengoperasian yang dilakukan pada TW 1 dengan periode bulan Januari 2021 sampai bulan Maret 2021 di unit 2 UPK Bukittinggi khususnya pada unit 2 PLTA Singkarak. Data tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.** Data operasi unit 2 PLTA Singkarak pada TW 1 periode Januari 2021–Maret 2021

Tanggal dan jam gangguan pekerjaan	status	Detail penyebab gangguan (akar masalah) berdasarkan hasil RCFA (root cause failure analysis)	Akibat gangguan		Tanggal dan jam selesai perbaikan
			T = trip S = stop D = Derating	Loss Output (MW)	
1 jan 2021-00:00	NC	Derating karena sistem permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	6.02	2 jan 2021-02:47
2 jan 2021-02:47	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih Dmencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	2 jan 2021-17:21
3 jan 2021-22:59	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	3 jan 2021-09:00

4 jan 2021-09:00	MO	Maintenance generator bearing dan lube oil system	S	43.75	4 jan 2021-14:26
4 jan 2021-14:26	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	6.02	4 jan 2021-02:45
7 jan 2021-02:45	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	7 jan 2021-09:23
7 jan 2021-09:23	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	6.02	7 jan 2021-00:27
9 jan 2021-00:27	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	9 jan 2021-17:35
9 jan 2021-17:35	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	6.02	9 jan 2021-00:54
10 jan 2021-00:54	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	10 jan 2021-16:50
10 jan 2021-16:50	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	6.02	10 jan 2021-02:53
12 jan 2021-02:53	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	12 jan 2021-05:10
12 jan 2021-05:10	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	6.02	12 jan 2021-00:05
13 jan 2021-00:05	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	13 jan 2021-04:58
13 jan 2021-04:58	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	6.02	13 jan 2021-07:48
31 jan 2021-07:48	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	31 jan 2021-17:34
31 jan 2021-17:34	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	6.02	1 feb 2021-00:00
1 feb 2021-00:00	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	1 feb 2021-00:27
1 feb 2021-00:27	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	1 feb 2021-09:00
1 feb 2021-09:00	MO	Maintenance generator bearing dan lube oil system	S	43.75	1 feb 2021-15:41
1 feb 2021-15:41	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	1 feb 2021-17:39
1 feb 2021-17:39	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	3 feb 2021-01:17
3 feb 2021-01:17	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	3 feb 2021-06:09
3 feb 2021-06:09	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	4 feb 2021-08:20
4 feb 2021-08:20	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	4 feb 2021-17:46
4 feb 2021-17:46	NC	Derating karena sistem permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	5 feb 2021-02:08
5 feb 2021-02:08	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	5 feb 2021-17:31
5 feb 2021-17:31	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	6 feb 2021-02:58

6 feb 2021-02:58	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	6 feb 2021-05:46
6 feb 2021-05:46	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	6 feb 2021-07:50
6 feb 2021-07:50	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	6 feb 2021-17:34
6 feb 2021-17:34	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	11 feb 2021-00:51
11 feb 2021-00:51	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	11 feb 2021-17:40
11 feb 2021-17:40	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	13 feb 2021-00:48
13 feb 2021-00:48	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	13 feb 2021-17:53
13 feb 2021-17:53	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	13 feb 2021-23:59
13 feb 2021-23:59	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	14 feb 2021-17:57
14 feb 2021-17:57	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	15 feb 2021-02:44
15 feb 2021-02:44	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	15 feb 2021-17:37
15 feb 2021-17:37	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	16 feb 2021-01:39
16 feb 2021-01:39	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	16 feb 2021-06:06
16 feb 2021-06:06	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	16 feb 2021-07:31
16 feb 2021-07:31	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	16 feb 2021-12:39
16 feb 2021-12:39	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	17 feb 2021-07:35
17 feb 2021-07:35	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	17 feb 2021-11:46
17 feb 2021-11:46	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi Slevel danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	18 feb 2021-02:44
18 feb 2021-02:44	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	18 feb 2021-05:02
18 feb 2021-05:02	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	19 feb 2021-07:34
19 feb 2021-07:34	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	19 feb 2021-18:13
19 feb 2021-18:13	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	20 feb 2021-01:04

20 feb 2021-01:04	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	20 feb 2021-18:01
20 feb 2021-18:01	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	20 feb 2021-23:48
20 feb 2021-23:48	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	21 feb 2021-18:01
21 feb 2021-18:01	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi Spada 361.38 mdpl	D	7.17	23 feb 2021-02:54
23 feb 2021-02:54	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	23 feb 2021-05:24
23 feb 2021-05:24	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	23 feb 2021-07:12
23 feb 2021-07:12	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	23 feb 2021-17:55
23 feb 2021-17:55	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	24 feb 2021-02:45
24 feb 2021-02:45	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	24 feb 2021-05:58
24 feb 2021-05:58	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	25 feb 2021-07:22
25 feb 2021-07:22	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	25 feb 2021-18:05
25 feb 2021-18:05	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.17	1 mar 2021-00:00
1 mar 2021-00:00	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.33	1 mar 2021-01:03
1 mar 2021-01:03	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	1 mar 2021-18:01
1 mar 2021-18:01	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.33	11 mar 2021-07:48
11 mar 2021-07:48	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	11 mar 2021-18:18
11 mar 2021-18:18	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.33	12 mar 2021-01:39
12 mar 2021-01:39	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	12 mar 2021-18:02
12 mar 2021-18:02	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.33	12 mar 2021-21:59
12 mar 2021-21:59	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	13 mar 2021-17:34
13 mar 2021-17:34	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.33	16 mar 2021-11:23



16 mar 2021-11:23	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	16 mar 2021-17:23
16 mar 2021-17:23	NC	Derating karena system permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.33	29 mar 2021-07:30
29 mar 2021-07:30	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	29 mar 2021-09:00
29 mar 2021-09:00	MO	Maintenance generator and lube oil system	S	43.75	29 mar 2021-15:00
29 mar 2021-15:00	RS	Unit stand by permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada level 361.38 mdpl	S	43.75	29 mar 2021-17:39
29 mar 2021-17:39	NC	Derating karena sistem permintaan operator tetapi level danau masih mencukupi pada 361.38 mdpl	D	7.33	1 apr 2021-00:00

Sumber : Data lapangan engineering Bukittinggi

Berdasarkan **Tabel 2** terlihat bahwa jumlah jam operasi pada TW 1 ini periode bulan Januari 2021 sampai dengan bulan Maret 2021 adalah sebagai berikut : bulan januari = 743,99 jam; february = 707,86 jam, maret = 744 jam. Jadi, jumlah data operasinya yaitu 743,99 jam + 707,86 jam + 744 jam = 2195,85 jam dari total 78 kegiatan perbaikan preventive maintenance yang dilakukan

#### **Data Perbaikan Equipment**

Data perbaikan disini dilakukan sesuai dengan WO (Word Order) yang diberikan. Maka didapat data perbaikan Thrust Bearing yaitu :

**Tabel 3.** Data Perbaikan *equipment Thrust Bearing* pada TW 1

SKRK TA 02 THRUST BEARING				
No	Deskripsi	Tanggal	Mulai (Jam)	Selesai
1	SR107135	SKR#2 U2 thrust bearing metal temperature stage 1 alarm	12 April 2020	17:00 wib
2	SR114369	SKR #2 upper thrust bearing alarm stage 1	10 Juli 2020	09:00 wib
3	SR115455	SKR #2 temperature thrust bearing high	17 Agustus 2020	09:00 wib
4	SR118836	SKR#2 alarm temperature upper thrust bearing stage 1	7 Oktober 2020	09:00 wib
5	SR119005	SKR#2 alarm thrust bearing metal stage 1	12 Oktober 2020	09:00 wib
6	SR121530	SKR#2 upper thrust bearing alarm stage 1	20 November 2020	09:00 wib
7	SR121530	SKR#2 upper thrust bearing alarm stage 1	20 Desember 2020	09:00 wib
8	SR122077	SKR#2 upper thrust bearing metal temperature	21 Desember 2020	09:00 wib
9	SR129054	SKR#2 upbearing	6 April 2021	09:00 wib

Sumber : Data lapangan engineering Bukittinggi

Dari **Tabel 3** terlihat bahwa terdapat waktu perbaikan dari equipment yang mengalami *downtime* tertinggi selama TW 1. Data pada tabel yang didapat yaitu rekapitulasi waktu perbaikan equipment nya. Dengan menggunakan tabel waktu perbaikan ini, maka dapat ditentukan waktu pada equipment mengalami *downtime*.

#### **Perhitungan Downtime Equipment**

Pada data kerusakan equipment yang terdapat diatas dapat diketahui total *downtime* dari bulan April 2020 sampai dengan bulan April 2021, rumus yang digunakan yaitu (waktu selesai pengerjaan kerusakan – waktu mulai pengerjaan kerusakan). Dengan contoh perhitungan pada tanggal 12 April 2020 yaitu waktu selesai pengerjaan kerusakan – waktu mulai pengerjaan kerusakan = 17:30 – 17:00 = ½ jam. Maka hasil dari perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.** Data hasil perhitungan *downtime* Thrust Bearing

SKRK TA 02 THRUST BEARING				
No	Tanggal	Mulai(Jam)	Selesai (Jam)	Total Jumlah Jam Perbaikan (Jam)
1	12 April 2020	17:00 wib	17:30 wib	0.5
2	10 Juli 2020	09:00 wib	15:40 wib	6.6
3	17 Agustus 2020	09:00 wib	16:00 wib	7.0
4	7 Oktober 2020	09:00 wib	15:20 wib	6.3
5	12 Oktober 2020	09:00 wib	16:00 wib	7.0
6	20 November 2020	09:00 wib	16:00 wib	7.0
7	20 Desember 2020	09:00 wib	16:00 wib	7.0
8	21 Desember 2020	09:00 wib	16:00 wib	7.0
9	6 April 2021	09:00 wib	14:43 wib	5.7
Total <i>Downtime</i>				54.1

Sumber : Data lapangan engineering Bukittinggi

Untuk menghitung presentase *downtime* kerusakan *equipment thrust bearing* ini dengan menggunakan rumus yaitu :

$$\begin{aligned} \% \text{ Downtime} &= (\text{Downtime equipment} / \sum \text{Downtime}) \times 100 \% \\ &= (54,1 \text{ jam} / 9) \times 100\% = 6,01 \% \end{aligned}$$

Dari data **Tabel 4** dan hasil perhitungan didapatkan hasil untuk presentase waktu kerusakan pada *thrust bearing* yang terjadi selama 1 tahun dengan pelaporannya di TW 1. Pada *equipment thrust bearing* ini mengalami *downtime* selama 54,1 jam atau selama 3246 menit dalam periode waktu bulan April 2020 - April 2021.

#### **Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)**

Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan sebelumnya yaitu perhitungan *downtime* pada *equipment thrust bearing*, maka dapat dihitung jumlah rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan dan juga jumlah rata-rata terjadinya kerusakan. Dimana data yang sudah didapat yaitu :

- 1) total waktu untuk perbaikan = 54, 1 jam
- 2) Jumlah perbaikan = 9 kali
- 3) jam operasi TW 1 = 2195,85 jam
- 4) jumlah kegiatan preventive maintenance/kegagalan = 78 item

➤ Untuk MTTR (*Mean Time To Repair*)

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \sum \text{waktu yang dihabiskan untuk perbaikan selama periode} / \text{jumlah perbaikan tertentu} \\ &= 54,1 \text{ jam} / 9 \text{ kali} \\ &= 6,01 \text{ jam} \end{aligned}$$

➤ Untuk MTTF (*Mean Time To Failure*)

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \sum \text{jam operasi} / \text{jumlah total kegagalan} \\ &= 2195,85 \text{ jam} / 78 \\ &= 28,15 \text{ jam} \end{aligned}$$

#### **Perhitungan Interval Waktu Perawatan Preventive Maintenance Equipment**

Untuk menentukan interval waktu preventive maintenance equipment Thrust bearing berdasarkan waktu operasi yang ada di UPK Bukittinggi yang mana tahapannya sebagai berikut : rata-rata jam kerja per bulan Hari kerja per bulan = 21 hari Jam kerja tiap hari = 7 jam. Jadi, rata-rata jam kerja per bulan = 21 x 7 = 147 jam. Jumlah kerusakan. Jumlah kerusakan selama 1 tahun = 9 kali. Waktu rata perbaikan = 1/MTTR/rata-rata kerja perbulan = 6,01 jam/ 147 jam = 0,04 jam = 1/0,04 = 25 menit. Waktu rata-rata pemeriksaan = rata-rata 1 kali pemeriksaan = 60 menit = 1 jam. 1/i = rata-rata 1 kali pemeriksaan / rata-rata jam kerja per bulan = 1/147 = 0,006 = 1/0,006 = 166,66 menit. Rata-rata kerusakan (K) = jumlah kerusakan per 1 tahun /12 = 9/12 = 0,75. Frekuensi pemeriksaan optimal = 4,99. Interval waktu pemeriksaan / perawatan (T) = rata-rata jam kerja per bulan/frekuensi pemeriksaan optimal = 147/4,99 = 29,45 jam.

### Tindakan Perawatan dengan Menggunakan Metode RCM Penentuan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Dalam penentuan ini menggunakan nilai rating yang mana menggambarkan kerusakan-kerusakan yang terjadi pada *equipment* saat proses pengoperasian berlangsung. Dan pada FMEA ini akan di buat kriteria-kriteria yang timbul akibat kerusakan *equipment* dengan menggunakan nilai rating yang ditentukan [13][16]. Nilai rating digunakan untuk menghitung total *Risk Priority Number* (RPN) diantaranya yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5.** Kriteria dan nilai ranking untuk *Severity*

SEVERITY	
Nilai	Kriteria : <i>severity</i> untuk <i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA)
2	Tidak ada dampak
4	Operasi abnormal, penurunan performa
6	Penurunan produksi minor
8	<i>Shutdown</i> , Trip dan kehilangan produksi
10	Kerusakan total asset, bahaya terhadap keselamatan, bahaya kebakaran

Sumber : Data lapangan engineering Bukittinggi

**Tabel 6.** Kriteria dan nilai ranking untuk *occurrence*

OCCURRENCE	
Nilai	Kriteria : <i>occurrence</i> untuk <i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA)
2	1 Kegagalan muncul dalam lebih dari 10 tahun atau tanpa ada inspeksi
4	1 kegagalan muncul dalam 10 tahun
6	1 kegagalan muncul dalam 5 tahun atau masuk dalam scope simple
8	1 kegagalan muncul dalam 1 tahun atau masuk dalam scope mean
10	Lebih dari 1 kegagalan muncul dalam 1 tahun atau masuk dalam scope

Sumber : Data lapangan engineering Bukittinggi

**Tabel 7.** Kriteria dan nilai ranking untuk *detection*

DETECTION	
Nilai	Kriteria : <i>detection</i> untuk <i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA)
2	Operator visual check, (see,listen and feel)
4	Common practice PDM technology
6	Advance PDM technology
8	Failure can be manage by time based PM
10	No know technique, RTF / spare strategy

Sumber : Data lapangan engineering Bukittinggi

Berdasarkan analisis melalui FMEA ini, didapat nilai Risk Priority Number (RPN) pada *equipment Thrust Bearing* yang didapat dari nilai rating *severity*, *occurrence* dan *detection*. nilai RPN nya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 8.** Nilai RPN pada *Thrust Bearing*

<i>Equipment</i>	<i>Part equipment</i>	<i>Severity</i>	<i>detection</i>	<i>occurrence</i>	RPN
BEARING	Thrust Bearing	8	6	2	96
	Thrust Bearing	8	6	6	288
	Thrust Bearing	8	6	2	96
	Thrust Bearing	8	6	2	96
	Thrust Bearing	6	6	2	72
	Housing dan cover / seal	6	6	2	72
	Sector metal	8	6	2	96
	Sector support	8	6	6	288

Lower guide bearing screwed pivots dan bus	8	6	6	288
Thrust bearing tilting pad dan screw	8	6	6	288
Hydraulic house	8	6	2	96

Sumber : Data lapangan engineering Bukittinggi

### Reliability Centered Maintenance (RCM)

*Reliability centered maintenance* (RCM) ini digunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap failure mode. Metoda ini digunakan agar perawatan yang dilakukan sesuai dengan penyebab terjadinya kerusakan agar tidak terjadi gangguan terhadap *equipment* lainnya yang mengakibatkan proses pengoperasiannya terhenti [2][12]. Metoda ini digunakan di UPK Bukittinggi agar kinerja dari setiap unitnya lebih andal tiap tahunnya. Dapat dilihat metoda RCM pada tabel dibawah ini :

**Tabel 9.** Nilai RPN pada *Thrust Bearing*

SKRK TA 02 THRUST BEARING						
Failure Mode		(dampak)	(gejala)	risiko	Tindakan Yang dilakukan	Fault type
part	Failure					
Upper thrust bearing	Worn out alarm	Temperature upper thrust bearing mengalami kenaikan , terbaca 80 C pada analog (sudah dalam kondisi alarm) , dan umur bearing	Pada saat operasi dengan beban 32,4 MW keluar alarm "thrust bearing alarm stage 1"	Dapat mengakibatkan unit trip	Mengoperasikan cooler yang standby (dua cooler beroperasi)	CM
trhust bearing	Worn out alarm	Temperaturnya Tinggi	Muncul alarm dan patrol cek dilapangan pada upper thrust bearing	Dapat menyebabkan unit trip	Penambahan cooler upper yang standby (cooler B)	CM
Upper thrust bearing	Worn out alarm	Temperaturnya naik terbaca 79,5 C	Pukul 11:56 pada saat operasi dengan beban 42,2 MW keluar indikasi alarm	Dapat mengakibatkan unit trip	Melakukan change over cooler upper dari A ke B	CM
Thrust bearing metal	Worn out alarm	Temperaturnya naik terbaca 79 C	Pukul 17:05 pada saat operasi dengan beban 42,5 MW keluar indicator alarm U2	Dapat mengakibatkan unit trip	Melakukan change over dari cooler A ke B	CM
Upper thrust bearing	Worn out alarm	Kenaikan temperature	Tanggal 20/11/2020 keluar indikasi alarm dan pengecekan ke lokal	Menyebabkan unit trip jika sampai stage 2 (87 C)	Melakukan change over upper A ke B	CM
Upper thrust bearing metal	Worn out alarm	Kenaikan temperature	Keluar indikasi alarm	Bisa mengakibatkan unit trip	Melakukan change over	
Upper thrust bearing metal	Worn out alarm	Kenaikan temperature	Tanggal 30/11/2020 keluar indikasi alarm yang diterima dan dicek langsung dilokal	Bisa menyebabkan unit trip	Melakukan change over upper A ke B	CM
Upper thrust bearing metal	Worn out alarm	Kenaikan temperature	Tanggal 20/3/2021 keluar alarm dari upper dan dicek langsung ke lokal	Menyebabkan unit trip jika sampai stage 2 (87 C)	Melakukan change over upper A ke B	CM
Upper thrust bearing metal	Worn out alarm	Kenaikan temperature	Keluar indikasi alarm	Menyebabkan unit trip jika sampai stage 2 (87 C)	Melakukan change over upper A ke B	FLM

Sumber : Data lapangan operasi managing center dan engineering Bukittinggi

Setelah didapat RCM pada tabel diatas yang berdasarkan SR pada TW 1, maka RCM untuk rekapitulasi serta rekomendasinya pada *equipment thrust bearing* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 10.** RCM pada *equipment thrust bearing*

EQUIPMENT	FAILURE MODE		FAILUR E EFFECT	FAILUR E CAUSE	RECOMMENDED ACTION
	PART	FAILURE			
BEARING	bearing	Worn out	Umur bearing berkurang	Oil contamination by water / particle	Pemeliharaan bulanan : 1. Pengecekan temperature dan level pelumas 2. Cek flow dan pressure air pendingin Pemeliharaan 3 tahun : 1. Laboratory tests mencakup viscosity, water content, total accident number, particle count and elemental analysis for wear metals and additives as a minimum Pemeliharaan 5 tahun : 1. Check bearing clearances with dial indicators and by “jacking” the shaft or with feeler gauges 2. Runout readings taken with proximity probes at each bearing may be substituted for bearing clearance readings if taken consistently 3. Changes in runout readings can be a good indication of bearing health 4. Any change in previous readings should be investigate 5. Generator thrust bearing insulation and oil film resistance. If resistance islow, investigate cause immediately Noted : 1. Generator thrust bearing insulation and oil film resistance. If resistance is low, investigate cause immediately 2. Ultrasonic testing should be performed to verify the integrity of the babbit. 3. The thrust bearing insulation resistance should measure from about 10.000 ohms to infinity
	bearing	Worn out	Umur bearing berkurang	Misalignment	
	Bearing	High temperature	Umur bearing berkurang	Insufficient cooling water	
	Bearing	Rubbing	Umur bearing berkurang	Unballance runner	
	bearing	Pitting	Umur bearing	Grounding Failure	
	Housing dan cover / seal	Seal bocor	Berkurangnya minyak pelumas	Seal fatigue	
	Sector metal	Temperature Tinggi	Turbine guide bearing mengalami kerusakan	Gangguan oil cooler dan Clearance melebihi batasan	
	Sector support	Sector support unlevelled	Kerusakan bearing	Leveling tidak Baik	
	Lower guide bearing screwed pivots dan bushes	Sector support unlevelled	Kerusakan bearing	Centering tidak Baik	
	Thrust bearing tilting pad dan screw	Unlevelled, shaft swing over	Vibrasi	Leveling tidak Baik	
Hidraulic house dan nozel	Hose bocor	Tekanan oli berkurang	Hose fatigue		

Sumber : Data lapangan pengelola system UPK Bukittinggi

Jadi, dari semua proses penganalisaan menggunakan metoda RCM ini didapat tindakan yang harus dilakukan terhadap *equipment thrust bearing* unit 2 PLTA Singkarak yaitu :

Pemeliharaan bulanan : pengecekan temperature dan level pelumas dan *cek flow* dan *pressure* air pendingin.

Pemeliharaan 3 tahun : *laboratory tests* mencakup *viscosity* (kekentalan), *water content* (kadar air), *total accident number*, *particle count* (kadar partikel udara) and *elemental analysis for wear metals and additives as a minimum*

Pemeliharaan 5 tahun : memeriksa jarak bebas bantalan dengan indikator dial dan dengan "mendongkrak" poros atau dengan pengukur, pembacaan runout yang diambil dengan probe jarak pada setiap bantalan dapat diganti dengan pembacaan jarak bebas bantalan jika dilakukan secara konsisten, perubahan pembacaan runout dapat menjadi indikasi yang baik dari kesehatan bantalan, setiap perubahan dalam bacaan sebelumnya harus diselidiki, insulasi bantalan dorong generator dan ketahanan film oli. Jika resistensinya rendah, segera selidiki penyebabnya. Dengan catatan : isolasi bantalan dorong generator dan ketahanan film oli. Jika resistensinya rendah, segera selidiki penyebabnya, pengujian ultrasonik harus dilakukan untuk memverifikasi integritas dimensi. resistansi insulasi bantalan dorong harus diukur dari sekitar 10.000 ohm hingga tak terbatas.

## 5. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses analisa pada penelitian tentang penentuan interval waktu *preventive maintenance* dengan tindakan berdasarkan metode RCM di UPK Bukittinggi, untuk selanjutnya didapatkan kesimpulan bahwa *equipment* yang mengalami *downtime* tertinggi pada pelaporan data di TW 1 yaitu pada *thrust bearing* unit 2 PLTA Singkarak dengan dibuktikan bahwa SR yang terbit sebanyak 9 kali. Dan jumlah total waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan (*mean time to repair*) pada *equipment thrust bearing* yaitu selama 6,01 jam, sedangkan total waktu *equipment thrust bearing* mengalami kerusakan (*mean time to failure*) yaitu selama 28,15 jam.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Zainal Arifin, E. Haryono, and N. Arumsari, "Perencanaan Pemeliharaan Dan Optimasi Biaya Perawatan Pada Sistem Utility Dengan Metode Preventive Maintenance," in *Proceedings Conference on Marine Engineering and its Application*, 2018.
- [2] Y. M. K. Aritonang and A. Setiawan, "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Menentukan Strategi Perawatan Fasilitas Produksi Kain," *Jurnal Telematika*, vol. 7, no. 2. pp. 75–80, 2015.
- [3] S. Hartini and R. Adityo, "Analisis Moda Kegagalan Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi kasus Baking Section Mesin Imfori PT Nissin Biskuit Indonesia)," *J@Ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, vol. 1, no. 3. pp. 53–61, 2012.
- [4] G. F. Dunton, A. M. Leventhal, A. L. Rebar, B. Gardner, S. S. Intille, and A. J. Rothman, "Towards consensus in conceptualizing and operationalizing physical activity maintenance," *Psychology of Sport and Exercise*, vol. 61. p. 102214, 2022, doi: 10.1016/j.psychsport.2022.102214.
- [5] S. T. A. James Geisbush, "Reliability centered maintenance (RCM)\_ literature review of current industry state of practice \_ Emerald Insight," *J. Qual. Maint. Eng.*, 2021, doi: <https://doi.org/10.1108/JQME-02-2021-0018>.
- [6] N. A. A. Azid, S. N. A. Shamsudin, M. S. Yusoff, and H. A. Samat, "Conceptual Analysis and Survey of Total Productive Maintenance (TPM) and Reliability Centered Maintenance (RCM) Relationship," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 530, no. 1. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/530/1/012050.
- [7] W. H. Afiva, F. T. D. Atmaji, and J. Alhilman, "Usulan Interval Preventive Maintenance dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan FMECA," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 18, no. 2. pp. 213–223, 2019, doi: 10.23917/jiti.v18i2.8551.
- [8] I. W. Swikarsa, "Perawatan Mesin Seamer Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance ( Rcm ) Di Pt . Sinar Pure Foods International," vol. Jurusan Te. p. Universitas Negeri Gorontalo, 2020.
- [9] H. C. Liu, J. X. You, and C. Y. Duan, "An integrated approach for failure mode and effect analysis under interval-valued intuitionistic fuzzy environment," *International Journal of Production Economics*, vol. 207. pp. 163–172, 2019, doi: 10.1016/j.ijpe.2017.03.008.
- [10] Z. peng Tian, J. qiang Wang, and H. yu Zhang, "An integrated approach for failure mode and effects analysis based on fuzzy best-worst, relative entropy, and VIKOR methods," *Applied Soft Computing Journal*, vol. 72. pp. 636–646, 2018, doi: 10.1016/j.asoc.2018.03.037.
- [11] H. C. Liu, L. E. Wang, X. Y. You, and S. M. Wu, "Failure mode and effect analysis with extended grey relational analysis method in cloud setting," *Total Quality Management and Business Excellence*, vol. 30, no. 7–8. pp. 745–767, 2019, doi: 10.1080/14783363.2017.1337506.
- [12] M. H. Enjavimadar and M. Rastegar, "Optimal reliability-centered maintenance strategy based on the

- failure modes and effect analysis in power distribution systems,” *Electric Power Systems Research*, vol. 203. 2022, doi: 10.1016/j.epsr.2021.107647.
- [13] S. Amalia, A. Subekti, and P. A. Setiawan, “Perencanaan Kegiatan Perawatan dengan Metode RCM II (Reliability Centered Maintenance) dan Penentuan Persediaan Suku Cadang Pada Boiler Perusahaan Rokok,” *Conference on Safety Engineering and Its Application*, vol. 1, no. 1. pp. 341–347, 2018.
- [14] I. Bangun, A. Rahman, and Z. Darmawan, “Production Machine Maintenance Planning With Reliability Centered Maintenance (RCM) II In Blowing Om Machine,” *J. Rekayasa Dan Manaj. Sist. Ind.*, vol. 2, p. 997, 2014.
- [15] S. S. Islam, “Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA,” *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 8, no. 1, pp. 13–20, 2020, doi: 10.32487/jtt.v8i1.766.
- [16] Jusolihun Nana, “Perancangan Sistem Perawatan Mesin Air Jet Loom (AJL) dengan Menggunakan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus: PT. Primissima Yogyakarta).” 2019.