

ANALISA PERAWATAN INTAKE PUMP DENGAN MENGGUNAKAN METODE RISK BASED MAINTENANCE (RBM)

Rizky Brilliant Yuliandi¹, Ozkar F. Homzah^{1*)}, Ella Sundari¹, Femi Permata Sari²

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

²Mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan (DIV) Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Politeknik Negeri Sriwijaya

e-mail: ozkarhomzah@polsri.ac.id

Abstrak

Intake Pump merupakan salah satu *equipment* penting pada Pembangkit Tenaga Uap dengan 3x10 MW yang berfungsi untuk men-supply bahan baku air untuk memproduksi air demin, air domestik dan air servis. Dalam proses produksi air melalui *intake pump* terdapat beberapa komponen *intake pump* yang sering mengalami kerusakan, Ini bisa menjadi kerugian bagi perusahaan, oleh karena itu memerlukan pemrosesan tambahan. Pada penelitian ini menggunakan metode *Risk Based Maintenance* (RBM) untuk mencapai perawatan yang optimal untuk mengetahui dampak dan resiko kegagalan menurut komponen penting *intake pump* yaitu *impeller*, *bearing* dan *shaft*. Berdasarkan hasil studi menggunakan RBM, konsekuensi dan resiko yang dialami perusahaan sebesar Rp 221.498.196,507 atau 0.13% dari kapasitas produksi per tahun. Hasil tersebut melebihi toleransi resiko penerimaan sebesar 0.13% yang telah menjadi ketentuan perusahaan yaitu sebesar 0.05%. Hasil analisis memberikan rekomendasi bahwa perlu dilakukan perencanaan jangka waktu perawatan yang diusulkan dari kebijakan yang sudah ada yaitu dilakukan perawatan preventif sebanyak 48 kali dalam setahun untuk setiap komponen kritis yaitu mengurangi jumlah konsekuensi dan resiko menjadi Rp 198.002.597 atau 0.01%.

Kata kunci: *Pompa Intake*, *Risk Based Maintenance* (RBM), Komponen kritis, interval perawatan.

Abstract

Intake Pump is one of the important equipment in the steam power plant of 3x10 MW electrical generator which functions to supply raw water to production of demin water, domestic water and service water. In the process of producing water through the intake pump there are several components of the intake pump that often experience damage, this can be a loss for the company, therefore requiring additional processing. In this study, the *Risk Based Maintenance* (RBM) method was carried out to achieve optimal maintenance by knowing the impact and risk of failure according to important intake pump components, namely *impeller*, *bearing* and *shaft*. Based on the analysis results of the RBM calculation, the consequences of risks accepted is low to 0.05% by the company that achieved to 221,498,196.507 Indonesian rupiah it's to 0.13% of production capacity per year. This value exceeds the acceptance risk tolerance of 0.13% which has become a company provision. Therefore, it is necessary to plan the proposed maintenance period from the existing policy, which is carried out 48 times a year for each critical component such to reducing the number of consequences and risks to 198,002,597 Indonesian Rupiah or equal to 0.01%.

Keywords: *Intake Pump*, *Risk Based Maintenance* (RBM), *Critical Components*, *Maintenance Intervals*.

PENDAHULUAN

Mesin merupakan bagian penting dari suatu perusahaan sebagai sarana penunjang produksi. Perusahaan sering melakukan investasi dengan mempertimbangkan efisiensi mesin dalam produk manufaktur. Saat mesin *down*, produktivitas perusahaan terganggu karena *down time* mempengaruhi volume produksi, meningkatkan

biaya operasi dan pelayanan pelanggan [6]. Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin— mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya. Untuk mencapai hal itu diperlukan adanya suatu sistem perawatan yang baik [14]. Menurut [8] Perawatan merupakan kegiatan yang penting dilakukan untuk mencegah kerusakan suatu mesin. Menurut [13] mendefinisikan perawatan menjadi bentuk aktivitas yang dilakukan buat mencapai

output yang sanggup mengembalikan item atau mempertahankannya dalam syarat yang selalu bisa berfungsi.

Salah satu bahan baku utama yang digunakan PLTU 3x10 MW adalah air yang berasal dari sungai enim, dimana proses air tersebut akan ada pompa yang berfungsi untuk memompakan air menuju tempat satu ke tempat yang lain, seperti pada pompa *Intake Pump* yang berfungsi sebagai *supply* bahan baku air untuk PLTU untuk memproduksi air demin, air domestik dan air servis.

Berdasarkan [12] pompa yang ada di PLTU 3x10 MW, *intake pump* memiliki jumlah kerusakan tertinggi dibandingkan dengan pompa lainnya. Karenanya, diperlukan langkah-langkah perawatan atau pemeliharaan asset dari perusahaan, termasuk perbaikan, konfigurasi, atau penggantian, agar setiap komponen dapat berfungsi maksimal dan kegiatan produksi dapat berjalan sesuai jadwal yang sudah ditetapkan.

Hasil penelitian [3], metode yang digunakan yaitu *Risk Based Maintenance* (RBM). Metode ini diperkenalkan sang Faisal Khan & Mahmoud Haddara, dimana metode ini bisa menaruh usulan berupa perencanaan perawatan mesin yang optimal, menggunakan mempertimbangkan resiko-resiko yang bisa terdampak kegagalan berdasarkan mesin.

Tujuan utama dari metode *Risk Based Maintenance* (RBM) adalah untuk menilai tingkat resiko yang ditanggung perusahaan jika komponen tidak berfungsi, dengan mempertimbangkan hasil penilaian, jika resiko melebihi batas toleransi resiko yang ditetapkan oleh perusahaan, berarti perlu untuk membuat rencana pemeliharaan.

METODE PENELITIAN

Dalam sebuah studi, langkah-langkah penelitian sangat peran penting, karena tahap penelitian ini menggambarkan proses sistematis dalam memecahkan masalah yang diteliti. Langkah yang ada dalam penelitian ini terbagi menjadi lima, yaitu:

1. Tahap Pendahuluan

Pada pendahuluan berisi tentang langkah awal yang dilakukan sebelum menuju ke langkah selanjutnya. Di mana pada tahap ini berisi Pengantar (mulai), identifikasi masalah, perumusan masalah dan tujuan, Studi Literatur, serta tinjauan pustaka.

2. Tahap pengumpulan Data

Pada tahap ini, data yang dipakai merupakan data utama dan data sekunder. Data yang diperoleh secara tatap muka merupakan data utama. Sedangkan data sekunder yaitu data komponen

mesin, data frekuensi kerusakan komponen mesin, & data perawatan komponen mesin. Data yang diharapkan pada penelitian terdiri dari: Data Deskripsi Data kegiatan *Intake Pump*, Data perawatan *Intake Pump*, Data *downtime Intake Pump*, Data *Time To Failure*, Data *Time To Repair*, Data harga komponen, Data biaya material, Data biaya mekanik.

3. Tahap Pengolahan Data

Dilakukan pengolahan data dimulai dari penentuan komponen kritis, Perhitungan *Mean Time to Failure*, *Mean Time to Repair* dan *Mean Downtime*, Perhitungan *Risk Based Maintenance* (RBM).

4. Tahap Analisa dan Pembahasan

Setelah dilakukannya pengolahan data, diketahui hasil menurut pengolahan data menggunakan metode RBM yaitu mengetahui komponen kritis dan resiko dalam mesin pompa, Mengetahui perkiraan resiko dan mengevaluasi resiko kerusakan dalam mesin *intake pump*. Memberikan usulan waktu perawatan komponen *intake pump*.

5. Kesimpulan dan saran.

Dalam tahap ini, setelah data hasil penelitian telah selesai diolah dan dari Analisa yang dibuat, diperoleh konklusi yang akan menjawab tujuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Komponen Kritis

Tabel 1 dan 2 merupakan langkah penentuan komponen kritis dipakai untuk memeriksa komponen apa saja yang termasuk kedalam kategori kerusakan tertinggi. Penentuan komponen kritis bertujuan untuk mengetahui komponen yang termasuk kedalam komponen yang menjadi prioritas untuk dilakukannya perawatan secara berkala dengan jangka waktu yang panjang. Untuk memperjelaskan komponen apa saja yang termasuk kedalam kategori kerusakan seperti komponen kritis, komponen yang paling besar atau sering terjadi kerusakan dan yang paling terkecil di ilustrasikan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Interval Kerusakan Komponen Intake Pump

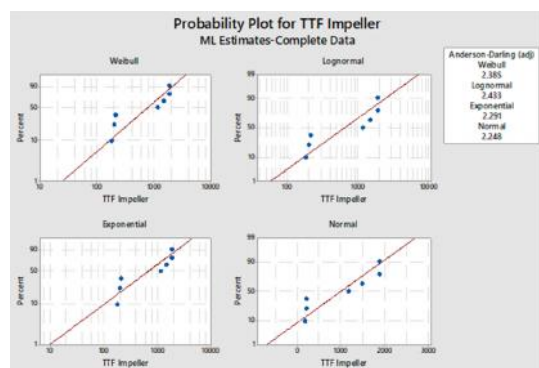
No	Komponen									
	Impeller		Bearing		Shaft		Coupling		Auxiliary Impeller	
	Waktu Interval (hari)	Waktu Run-off (hari)	Waktu Interval (hari)	Waktu Run-off (hari)	Waktu Interval (hari)	Waktu Run-off (hari)	Waktu Interval (hari)	Waktu Run-off (hari)	Waktu Interval (hari)	Waktu Run-off (hari)
1	17100 2022	-	10100 2022	-	61100 2022	-	61100 2022	-	67400 2022	-
2	8100 2022	40	8100 2022	6	61100 2022	5	8100 2022	38	14071 2022	44
3	18100 2022	78	10100 2022	2	18100 2022	20	61110 2022	140	18110 2022	127
4	18100 2022	8	10100 2022	12	18110 2022	108				
5	17100 2022	1	12100 2022	20	61110 2022	17				
6	18100 2022	9	18100 2022	18						
7	18100 2022	81								
8	18110 2022	11								

Tabel 2 Hasil penentuan komponen kritis

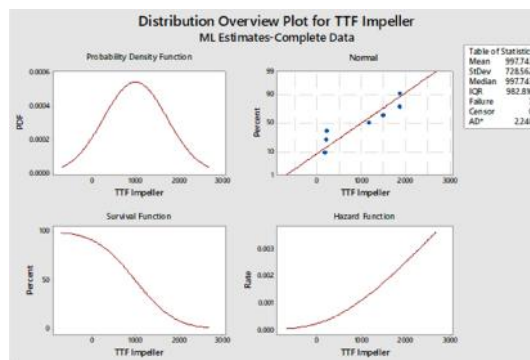
No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Impeller	8	8	27,586%	27,586%
2	Bearing	6	14	20,689%	48,275%
3	Shaft	5	19	17,241%	65,517%
4	Coupling	3	22	10,344%	75,862%
5	Auxiliary Impeller	3	25	10,344%	86,206%
6	Housing Pump	2	27	6,896%	93,103%
7	Pressure Gauge	2	29	6,896%	100%

Penentuan Parameter Distribusi Time To Failure (TTF), Time To Repair (TTR), dan Down Time (DT)

Penentuan distribusi data *Time To Repair* (TTR), *Time To Failure* (TTF) dan *Down Time* (DT) dikerjakan menggunakan software minitab. Uji distribusi ini bertujuan Tujuan dari uji distribusi ini adalah untuk menentukan pola kegagalan komponen yang terpilih menggunakan distribusi normal dengan dua parameter yaitu parameter Mean (μ) dan Standar Deviasi (σ), eksponensial satu parameter yaitu laju kerusakan (λ), weibull dengan dua parameter yaitu parameter skala (η) dan parameter bentuk (β) dan Lognormal dengan dua parameter yaitu parameter scale (s) dan parameter lokasi ($tmed$). Tabel 3 menunjukkan hasil penentuan distribusi *Time To Repair* (TTR), *Time To Failure* (TTF) dan *Down Time* (DT). Contoh Hasil penentuan Parameter TTF, TTR dan DT. Mencari Parameter TTF komponen impeller menggunakan software minitab. Dari Gambar 1 untuk menentukan nilai parameter dilihat nilai terkecil Anderson-Darling yaitu yang terkecil adalah Distribusi Normal dengan nilai 2.248. Pada Dari gambar 2 diketahui nilai parameter Mean (μ) = 997.743 dan Standar deviasi (σ) = 728.562.



Gambar 1 Grafik Anderson-Darling untuk TTP Impeller



Gambar 2 Grafik estimasi ML TTF Impeller

Tabel 3 Hasil Distribusi TTF, TTR dan DT

Komponen	Distribusi					
	TTF	Parameter	TTR	Parameter	DT	Parameter
Impeller	Normal	μ 997.743	Weibull	η 1.16030	Normal	μ 13.5625
		σ 728.562		β 1.75156		σ 7.72450
Bearing	Lognormal	s 1.01527	Lognormal	s 0.667063	Lognormal	s 1.70566
		$tmed$ 5.74759		$tmed$ 0.399266		$tmed$ 1.63895
Shaft	Exponential	λ 0.4165	Weibull	η 0.931871	Lognormal	s 1.62071
				β 2.07176		$tmed$ 2.86490

Penentuan Mean Time To Failure (MTTF), Mean Time To Repair (MTTR) dan Mean Down Time (MDT)

Penentuan Mean *Time To Failure* (MTTF), *Mean Time To Repair* (MTTR) dan *Mean Down Time* (MDT) dilakukan sesuai dengan distribusi yang mewakili dari setiap komponen kritis *intake pump*. Tabel 4, 5 dan 6 merupakan hasil penentuan MTTF, MTTR dan MDT dihitung dengan menggunakan rumus:

Distribusi Normal

$$MTTF/MTTR/MDT = \mu \dots \dots \dots (1)$$

Distribusi Lognormal

$$MTTF/MTTR/MDT = tmed \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \dots \dots \dots (2)$$

Distribusi Ekponensial

$$MTTF/MTTR/MDT = \frac{1}{\lambda} \dots \dots \dots (3)$$

Distribusi Weibull

$$MTTF/MTTR/MDT = \eta \cdot \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

η = Parameter Skala

β = Parameter Bentuk

λ = Laju Kerusakan

μ = Rata-rata

Γ = Nilai menunjukkan fungsi gamma yang nilainya diperoleh dari tabel fungsi

s = Parameter Bentuk

$tmed$ = Location Parameter

contoh perhitungan MTTF
Impeller MTTF Distribusi Normal= μ

= 997.743 atau 41 hari

Bearing MTTF Distribusi Lognormal = tmed. $e^{\frac{s^2}{2}}$

= 5.74759. 2.718 $\frac{1.01527^2}{2}$

= 805.217 atau 33 hari

Tabel 4 Hasil perhitungan MTTF

Komponen	Distribusi	Parameter	MTTF (Jam)	MTTF (Hari)
Impeller	Normal	μ	997.743	997.743
		σ	728.562	
Bearing	Lognormal	s	1.01527	805.217
		Tmed	5.74759	
Shaft	Exponensial	λ	0.4166	2400.384

Tabel 5 Hasil perhitungan MTTR

Komponen	Distribusi	Parameter	MTTR (Jam)	MTTR (Hari)
Impeller	Weibull	η	1.16030	1.03313
		β	1.75156	
Bearing	Lognormal	s	0.667063	0.24086
		tmed	0.398266	
Shaft	Weibull	η	0.931871	0.82540
		β	2.07176	

Tabel 6 Hasil perhitungan MDT

Komponen	Distribusi	Parameter	MDT (Jam)	MDT (Hari)
Impeller	Normal	μ	15.5625	15.5625
		σ	7.72450	
Bearing	Lognormal	S	1.20566	3.23768
		Tmed	1.63895	
Shaft	Lognormal	S	1.62071	10.22679
		tmed	2.86490	

Perhitungan Risk Based Maintenance (RBM) Estimasi Resiko

1. Skenario kegagalan pada intake pump

Penyusunan skenario kegagalan dari masing – masing komponen kritis berdasarkan hasil wawancara dengan pihak *engineering* dan bagian teknik *maintenance* sehingga pada bagian ini masih termasuk kedalam estimasi *probability of failure* karena hanya berdasarkan hasil dari wawancara.

2. Penilaian konsekuensi

Menentukan konsekuensi yang terjadi karena adanya probabilitas kegagalan dari skenario kegagalan. Kegagalan yang terjadi pada komponen kritis tidak menimbulkan dampak lingkungan, kesehatan manusia maupun merusak fasilitas perusahaan. Pada bagian ini masih termasuk

kedalam estimasi *probability of failure* karena penilaian konsekuensi masih berdasarkan hasil wawancara pihak *engineering*.

3. Analisa Kegagalan Probabilitas

Dari Analisa yg dibuat, diperoleh konklusi yg akan menjawab tujuan sehingga pada bagian ini masih termasuk kedalam *probability of failure*. Penentuan Kegagalan di ilustrasikan pada tabel 6 dan dihitung menggunakan rumus :

Distribusi Normal

$$R(T) = 1 - \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Distribusi Lognormal

$$R(T) = 1 - \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \dots \dots \dots (6)$$

Distribusi Ekponensial

$$R(T) = e^{-\lambda r} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

$R(T)$ = Keandalan (Reliability)

e = Bilangan Eurl (2,718)

T= Total waktu operasi

η = Parameter Skala

β = Parameter Bentuk

λ = Laju Kerusakan

r = Jumlah Kerusakan

σ = Standar deviasi

Tabel 7 Nilai Kegagalan komponen kritis

No	Komponen	Down time	MTTR	Loss of revenue	Biaya Teknisi	Biaya Material	Harga Komponen	System Performance Loss
1	Impeller	0.64843	0.04304	Rp 900.000.000	Rp 300.000	Rp 1.350.000	Rp 20.731.000	Rp 903.699.200
2	Bearing	0.13400	0.01003	Rp 900.000.000	Rp 500.000	Rp 1.350.000	Rp 2.327.437	Rp 125.172.432
3	Shaft	0.42611	0.03439	Rp 900.000.000	Rp 300.000	Rp 1.350.000	Rp 15.828.000	Rp 69.948.880

Tabel 8 Nilai Konsekuensi System Performance Loss

Komponen	Distribusi	Parameter	T(hari)	R(T)	Q(T)
Impeller	Normal	μ	997.743	0.9131	0.0869
		σ	728.562		
Bearing	Lognormal	s	1.01527	0.00028	0.99972
		tmed	5.74759		
Shaft	Exponensial	λ	0.4166	0.12456	0.87544

4. Perkiraan Konsekuensi dan resiko

Pada bagian ini masih termasuk kedalam estimasi *probability of failure* karena masih memperkirakan atau memungkinkan kosekuensi dan resiko yang diterima perusahaan. Tabel 8 memperlihatkan hasil perhitungan SPL diperoleh berdasarkan rumus :

$System\ performance\ loss = (Loss\ of\ Revenue \times Downtime) + (MTTR \times biaya\ teknisi) + biaya\ material + harga\ komponen$ (8).

5. Menghitung nilai resiko

Pada bagian ini akan terlihat estimasi konsekuensi atau resiko yang diterima perusahaan dan masih termasuk kedalam *probability of failure*. Resiko diperoleh dengan mengalihkan probabilitas kerusakan dengan nilai *System performance loss* pada tabel 8. Resiko = $Q(T) \times System\ performance\ loss$ (9).

Tabel 9 Resiko Biaya Yang Diterima Perusahaan

Komponen	Q(T)	Resiko
Impeller	0.0869	Rp 52.635.288,288
Bearing	0.99972	Rp 125.137.403,713
Shaft	0.87544	Rp 43.725.504,5062
Total		Rp 221.498.196,507

Evaluasi Resiko

Pada tahap ini menjelaskan bahwa evaluasi resiko merupakan bagian dari proses evaluasi terhadap *consequence of failure* yang diketahui pada bagian estimasi resiko.

1. Penyusunan batas toleransi resiko

Tabel 10 menjelaskan batas toleransi resiko sangat bervariasi dan tidak terdapat metodologi khusus buat memilih batas toleransi. Penyusunan batas toleransi ini dilakukan melalui wawancara menggunakan asisten manager bagian *maintenance*. Perusahaan memutuskan kriteria penerimaan resiko sebanyak 0.05% berdasarkan kapasitas produksi. Kapasitas produksi dihitung berdasarkan nilai pendapatan perhari selama satu tahun.

2. Membandingkan nilai resiko dan batas toleransi

Hasil perbandingan antar resiko dan kriteria menerangkan bahwa resiko melebihi menurut kriteria perusahaan, sebagai akibatnya perlu dilakukan perencanaan perawatan.

Persentase 0.13% didapat dari total *risk* dibagi dengan Kapasitas produksi mesin selama 1 tahun.

Tabel 10 Nilai resiko dan batas toleransi resiko

Periode 1 tahun	Pendapatan perhari	Kapasitas Produksi / tahun	Total Risk	Persentase	Batas Toleransi risk
182,5	Rp 900.000.000	Rp 164.250.000.000	Rp 221.498.196,507	0.13%	0.05%

Maintenance Planning

Pada bagian ini merupakan bagian dimana mencari solusi dari resiko yang diterima perusahaan dan dipilih Optimasi interval perawatan usulan dan ini sudah termasuk kedalam evaluasi *consequence of failure*.

Untuk menentukan interval perawatan usulan dilakukan perhitungan konsekuensi dan resiko, dengan mempertimbangkan biaya perawatan preventif menurut peralatan yang digunakan dan resiko umum yang diamati menurut *system performance loss*. Persentase 0,12% dan 0,01% merupakan total resiko dibagi dengan kapasitas produksi mesin selamatahun. Resiko total adalah penjumlahan dari risiko setiap komponen kritis dan biaya pemeliharaan preventif dari penjumlahan semua komponen kritis. Konsekuensi dan resiko dihitung di bawah ini sesuai dengan interval perawatan yang disarankan. Tabel 11 hasil perhitungan konsekuensi dan resiko menurut interval perawatan usulan:

Tabel 11 Rekomendasi RBM

Kondisi	Jumlah perawatan	Biaya Perawatan	Kapasitas produksi / tahun	Total Risk	Persentase	Toleransi Risk
Usulan I	24	Rp 3.915.936	Rp 164.250.000.000	Rp 209.750.971	0.12%	0.05%
Usulan II	48	Rp 7.831.872	Rp 164.250.000.000	Rp 198.002.597	0.01%	0.05%

Setelah Dari hasil tabel 11 merupakan hasil *Risk Based Maintenance (RBM)* dengan melakukan perbandingan perawatan antara *existing* dan usulan didapatkan bahwa usulan I dengan perawatan 24 kali dalam setahun biaya perawatan lebih besar daripada sebelum dilakukan perawatan, tetapi untuk total resiko yang diterima oleh perusahaan lebih kecil dan *Persentase* resiko yang di peroleh sebesar 0.12% nilai tersebut masih melebihi kriteria penerimaan dari perusahaan yaitu 0.05% akan tetapi *persentase* resiko dari sebelum adanya perawatan dan setelah adanya perawatan 24 kali selama setahun berkurang 0.01% sedangkan interval perawatan usulan II dengan perawatan 48 kali setahun atau 1 kali dalam satu minggu untuk biaya perawatan lebih besar daripada sebelum perawatan dan usulan I, tetapi untuk total resiko yang diterima oleh perusahaan semakin kecil dan *Persentase* resiko yang di peroleh sebesar 0.01% nilai tersebut berada dibawah toleransi penerimaan resiko yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu 0.05%.

KESIMPULAN

Hasil Berdasarkan hasil penelitian diatas Komponen kritis yang diambil ada tiga komponen kritis *Impeller*, *Bearing* dan *Shaft*. Hasil Perhitungan konsekuensi dari resiko yang diterima oleh

perusahaan sebesar Rp 221.498.196 dan *Persentase* resiko yang di peroleh sebesar 0.13% nilai tersebut melebihi toleransi penerimaan resiko yang ditetapkan oleh perusahaan, sehingga perlu perawatan perencanaan. Untuk *Maintenance Planning* yang digunakan adalah optimasi Interval perawatan usulan, Berdasarkan hasil perhitungan maka perawatan usulan *intake pump* yaitu 48 kali dalam setahun atau satu minggu satu kali perawatan. Dimana untuk usulan perawatan 48 kali biaya perawatan lebih besar yaitu sebesar Rp 7.831.872 , akan tetapi resiko yang diterima oleh perusahaan lebih kecil yaitu senilai Rp 198.002.597 dengan persentase resiko yang diperoleh sebesar 0.01% dan nilai tersebut berada dibawah toleransi penerimaan resiko yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu 0.05%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada bapak Hengky Saputra sebagai Assistant Manager Pemeliharaan dan Perawatan PT Bukit Energi Servis Terpadu (BEST) dalam membantu dan arahan dalam proses memberikan data-data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agnaputi SY., Alhilman J., & Atmaji FTD (2020). Usulan Kebijakan Pemeliharaan dan Umur Ekonomis Untuk Pompa Penyerap Larutan CO Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (RBM) DAN Remaining Life Assessment PT XYZ. e-Proceeding of Engineering., 7(2). <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/1339>
- [2] Ahmad, GN (2022). Manajemen Operasi. Bumi Aksara. <https://doi.org/10.31219/osf.io/s5feu>
- [3] Astuti, DD, Alhilman, J, & Sutrisno (2015). Optimasi Interval Perawatan Mesin Rotari Strok Dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (RBM) Di PT Kharisma Printex Bandung. e-Proceeding of Engineering., 2(2). <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/>
- [4] Aviva, WH, Atmaji, FTD, & Alhilman J (2019). Usulan Interval Preventive Maintenance dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan FMECA. Ilmiah Teknik Industri, 18(2) 213-223. <https://doi.org/10.23917/jiti.v18i2.8551>
- [5] Efendi, A (2022). Pompa & Kompresor. Penerbit Andi.
- [6] Giffari F & Yudha P (2020). Perancangan Aktivitas Perawatan Pada Conveyer System Batu Bara dengan Metode Risk Based Maintenance (RBM) dan Reliability Centered Maintenance II. Teknik ITS, 9(2) F304 – F309, <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.5603>
- [7] Mainten Khan, FI, & Haddara, MM (2003). Risk Based Maintenance (rbm): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 16(6) 561-573. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2003.08.011>
- [8] Hakiki, SHA, & Dwisetiono (2021). Analisa Sistem Pelumas Menggunakan Metode FMEA Guna Mengetahui Kegagalan Sistem. Teknik Sistem Perkapan Universitas Hang Tuah. <http://journal.unhas.ac.id/index.php/zonalaut>.
- [9] Maharani A., Wahyuni I., Supriyadi., Nalhadi A., & Fathurohman (2021). Analisa Biaya Perawatan Sistem Pneumatic Dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance Dan Cost Of Unreliability. Inovasi dan Kreativitas (JIKa), 2(1) 10-19, doi: :10.30656/jika.v2i1.4722
- [10] Mahardika, M., Sudiarso A., & Prihandana GS (2021). Perancangan dan Manufaktur Pompa Sentrifugal. Universitas Gadjah Mada Press.
- [11] Mentari, D, Lie, D, Efendi, Sherly (2017). Analisis Pelaksanaan Kegiatan Pemeliharaan (Maintenance) Terhadap Kualitas Produk Pada CV Green Perkasa Pematangsiantar. MAKER, 3(1) 40-48. <https://media.neliti.com/media/publications/315002-analisis-pelaksanaan-kegiatan-pemeliharaan-bed50712.pdf>
- [12] Ponidi (2022). Metode Penentuan Komponen Kritis. UM Surabaya.
- [13] PT.BEST.2022.Dokument Root Cause Failure Analisis (RCFA) Tanjung Enim13X10MW. TanjungEnim:PLTU3X10 MW.
- [14] Tulloh, R, Sodikin, & Khasanah, R (2019). Usulan Perawatan Bouy Tsunami Dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (RBM). REKAVASI, 7(1) 56-61. <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/rekavasi>

/article/view/1328/1043. ance II. Teknik ITS,
9(2) F304 – F309 <https://ejurnal.its.ac.id>

- [15] Utomo, MRW, Arbiantara, H, & Nurkoyim M (2018). Perencanaan Perawatan Mesin Pump 107 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Petroki,ia Gresik. Energi dan Teknologi Manufaktur, 2(1) 33-38, <https://doi.org/10.33795/jetm.v1i02.13>.