

# PERENCANAAN PEMELIHARAAN DAN OPTIMASI BIAYA PERAWATAN PADA SISTEM *UTILITY* DENGAN METODE *PREVENTIVE MAINTENANCE*

Muhammad Zainal Arifin<sup>1\*</sup>, Edi Haryono<sup>2</sup>, Nurvita Arumsari<sup>2</sup>

1Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jawa Timur 60111 Indonesia

2Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jawa Timur 60111 Indonesia

3Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jawa Timur 60111 Indonesia  
E-mail: [zaiarifin14@gmail.com](mailto:zaiarifin14@gmail.com)<sup>1</sup>, [kadir.me97@gmail.com](mailto:kadir.me97@gmail.com)<sup>2</sup>, [arum@ppns.ac.id](mailto:arum@ppns.ac.id)<sup>2</sup>

---

**Abstract** - A company oil refinery based on condensate or petroleum using corrective maintenance type, one of them is in utility system. Corrective maintenance is less suitable with the course of production in a company it is continuous because the company can lose due to production stopped. Therefore, reliability analysis is performed using preventive maintenance method the scheduling check or inspection is used to prevent machinery or equipment from being damaged. Thus, the performance of the machine can run smoothly so that the production process is not disrupted and more efficient. Cost operational from 2011-2017 will be identified failure with FTA and FMEA. So that will get the value of reliability. Then performed the scheduling in accordance with the resulting MTTF value. Then the cost will be calculated to produce more efficient maintenance cost and the result more efficient cost is 30%.

**Keyword:** Preventive Maintenance, Reliability, MTTF, FMEA, FTA, Efficient cost.

---

## Nomenclature

R(t) : Keandalan fungsi waktu  
Pr( $T \geq t$ ) : Peluang sistem berfungsi berdasarkan t  
CPr : Biaya Perbaikan  
CF : Biaya penggantian komponen  
CW : Biaya pekerja (*man hours*)  
CO : Biaya konsekuensi operasional t : Waktu perbaikan/perawatan

## 1. PENDAHULUAN

Kerusakan Setiap industri khususnya industri manufaktur harus memperhatikan sistem perawatan yang ada. Sistem perawatan merupakan suatu tindakan yang penting dengan tujuan untuk menghasilkan produk yang baik atau untuk mengembalikan keadaan yang memuaskan [1]. Mesin produksi merupakan salah satu sumber daya yang ada dan harus dioptimalkan penggunaannya. Untuk menjamin agar mesin bisa beroperasi dengan baik dan optimal diperlukan adanya suatu sistem perawatan yang baik pula. Perawatan pada mesin produksi sebagai salah satu alat yang sangat penting bagi perusahaan harus dilakukan untuk mencapai kualitas produk yang baik. Perawatan yang biasanya digunakan oleh kebanyakan perusahaan yaitu *corrective maintenance* yang mana perawatan dilakukan hanya pada saat peralatan mengalami kerusakan saja, padahal perawatan mesin yang terjadwal dengan baik dapat meningkatkan

keandalan, performansi mesin dan dapat menekan biaya pemeliharaan [3]. Kendala utama dalam aktivitas perawatan mesin adalah menentukan waktu penjadwalan perawatan mesin secara teratur.

Perawatan yang dilakukan oleh perusahaan saat ini adalah *corrective maintenance* yaitu perawatan yang dilakukan ketika mesin sudah mengalami kerusakan sehingga perawatan jenis ini dirasa tidak cocok karena dalam sistem *utility* semua mesin bekerja secara *continue* atau beroperasi terus menerus, sehingga nantinya dapat mengganggu proses produksi perusahaan tersebut dan pihak perusahaan dapat merugi akibat produksinya terhenti. Oleh karena itu, dalam penelitian ini analisa yang dilakukan dengan menggunakan metode *preventive maintenance* dimana penjadwalan pengecekan atau inspeksi digunakan untuk mencegah mesin atau peralatan mengalami kerusakan. Dengan demikian, kinerja mesin tetap dapat berjalan dengan lancar sehingga proses produksi tidak terhambat.

Dalam proses analisa *preventive maintenance* juga dilakukan identifikasi kegagalan FTA (*Fault Tree Analysis*) dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) sehingga didapatkan komponen kritis dari sistem *utility* dan juga untuk mengoptimalkan kerja mesin serta memperoleh biaya yang efisien

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dimulai dengan tahap peninjauan dan pengumpulan data dari perusahaan. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data

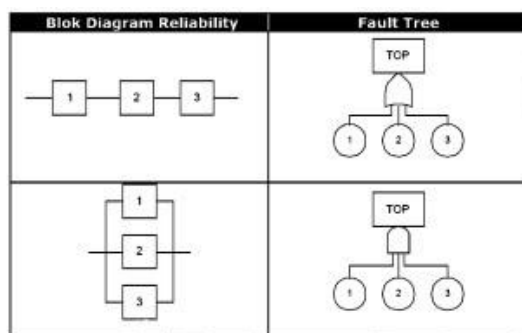
sekunder. Data yang dibutuhkan meliputi data *historical report* kerusakan mesin dari 2011-2017, blok diagram dan biaya perawatan. Tahapan selengkapnya penelitian ini sebagai berikut,

### 2.1. FTA (Fault Tree Analysis)

FTA adalah teknik yang banyak dipakai untuk studi yang berkaitan dengan resiko dan keandalan dari suatu sistem engineering[4]. Selain itu, FTA juga merupakan sebuah mekanisme untuk mengevaluasi tingkat bahaya pada sistem. Konsep dasar dari *fault tree analysis* adalah menerjemahkan dan menganalisa suatu kegagalan atau kesalahan dari sistem ke dalam bentuk diagram visual. *Fault tree analysis* merupakan gambaran grafik dari hubungan kegagalan dan kecelakaan tertentu.

### 2.2. Blok Diagram

*Fault tree* dapat diterjemahkan ke dalam blok diagram keandalan dengan menerjemahkan *basic event* ke dalam sebuah blok dan menerjemahkan gerbang logika ke dalam susunan tertentu (seri, paralel atau susunan lainnya), yang menghubungkan berbagai blok. Hubungan antara *fault tree* dan blok diagram *reliability* untuk konfigurasi yang sederhana diperlihatkan pada gambar 1[6].



Gambar 1. Hubungan FTA dengan block diagram

### 2.3. Komponen kritis dengan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah pendekatan yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya[1]. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem.

### 2.4. Uji Distribusi Kerusakan

Distribusi kerusakan adalah informasi dasar mengenai umur pakai suatu peralatan dalam suatu populasi. Distribusi kerusakan suatu peralatan memiliki bentuk yang berbeda-beda. Distribusi kerusakan yang umum digunakan adalah distribusi Eksponensial, Weibull, Normal dan Lognormal, dimana distribusi kerusakan ini dapat memenuhi

berbagai fase kerusakan. Identifikasi distribusi bertujuan untuk mengetahui distribusi dari data interval antar kerusakan dari mesin atau komponen dan lama waktu perbaikan kerusakan. Mesin atau komponen memiliki distribusi kerusakan yang berbeda-beda. Distribusi yang biasa digunakan untuk menentukan pola data kerusakan adalah *lognormal*, *normal*, *weibull* dan *exponential*. [5].

### 2.5. Reliability

Keandalan ( $R(t)$ ) dapat didefinisikan sebagai peluang bahwa sebuah item dapat menampilkan atau melaksanakan tugas yang telah ditetapkan tanpa melakukan kegagalan dalam waktu dan kondisi tertentu[2]. Tingkat keandalan sebuah sistem mempunyai arti bahwa peluang sebuah sistem untuk dapat menjalankan fungsinya.

### 2.6. Interval perawatan dan biaya perawatan

Interval perawatan yang dapat meminimalkan total biaya perawatan dan biaya akibat kerusakan sangat diperlukan. Karena kondisi dimana peralatan yang sering dirawat mengakibatkan peralatan awet, tetapi dengan biaya perawatan yang mahal [7].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi data yang akan disajikan sebelum dilakukan penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran umum mengenai penyebaran data yang diperoleh dari lapangan. Data yang disajikan berupa data mentah yang diolah dengan menggunakan *microsoft excel*. Pada penelitian ini, digunakan data sekunder berupa data yang didapatkan dari kumpulan data operasional dari tahun 2011-2017.

### 3.1. Penentuan Komponen Kritis 3.1.2. Penentuan Komponen Kritis dengan FMEA

Analisa komponen dengan menggunakan FMEA bertujuan untuk mengetahui penyebab kegagalan komponen, efek kegagalan dari komponen serta menentukan komponen kritis. Untuk dapat mengetahuinya maka diperlukan nilai dari RPN (*Risk Preference Number*). Nilai RPN (*Risk Preference Number*) merupakan hasil kali dari nilai *saverity*, *probability of occurrence*, dan *probability of detection* yang didapatkan dari penilaian perusahaan. Berdasarkan analisa dan perhitungan berdasarkan FMEA dan nilai RPN yang paling tinggi diperoleh komponen kritis yaitu *travelling screen*. Adapun hasil FMEA seperti tabel

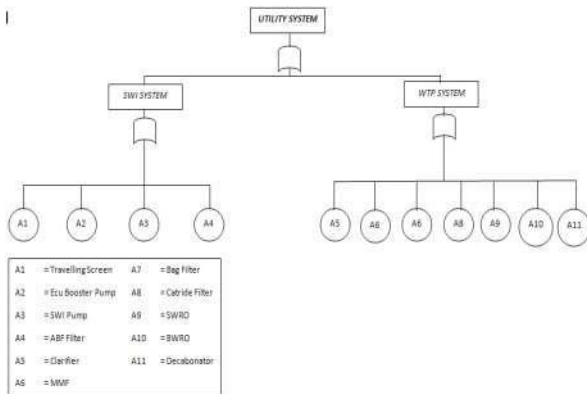
1.

Tabel 1. Hasil FMEA komponen *Travelling screen*

No	Komponen	Failure Mode	NILAI
			Risk Preference Number (RPN) AXBXC
1	Travelling Screen	Screen tidak berputar	240
		Bearing sproket travelling aus	336

### 3.1.2. Penggambaran jalur kegagalan dengan FTA

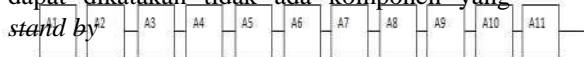
Kegagalan pada *utility system* dapat disebabkan oleh beberapa kegagalan subsistem yaitu SWI (*Sea Water Intake*) and WTP (*Water Treatment Plan*). Pada penelitian ini akan dilakukan penggambaran jalur kegagalan *utility system* dengan FTA untuk mengetahui dasar terjadinya kegagalan. Terjadinya kegagalan pada *utility system* akan dimodelkan sebagai *top event*, dan komponen penyusun sistem sebagai *basic event*. *Top event* dapat diketahui dengan mengombinasikan, mengurutkan, menggambarkan, dalam diagram logis dari *event* yang berpotensi menyebabkan *top event*.



Gambar 2. Hasil penggambaran dengan FTA

### 3.1.2. Functional Block Diagram

Untuk dapat melakukan analisa keandalan pada suatu sistem, maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah perlu dilakukan definisi yang jelas untuk sistem tersebut. Sistem yang akan dianalisa pada penelitian ini adalah *utility sytem* PT. TPPI. *Functional block diagram* dapat digunakan untuk mendefinisikan seluruh komponen yang digunakan pada sistem. Melalui FBD juga dapat diketahui apakah komponen penyusun sistem bersifat seri atau paralel. Pada sistem *utility ini* sistem bersifat seri dikarenakan komponen bekerja secara bersama sama atau dapat dikatakan tidak ada komponen yang



Gambar 3. Hasil penggambaran dengan FBD

### 3.2. Penentuan Nilai Reliability

Keandalan dari komponen atau suatu sistem sebagai fungsi waktu maka hubungan antara fungsi keandalan  $R(t)$  dan distribusi kerusakan kumulatif atau  $F(t)$  dihubungkan oleh sebuah formula dibawah ini [2]:

Tabel 2. Hasil distribusi software weibull 6++

Komponen	Jenis Distribusi	Parameter			
		$\theta$	$\beta$	$\sigma$	$\mu$
Travelling Screen (A1)	Weibull	3744,106	0,702	-	-
Ecu Boster (A2)	Weibull	10166,044	1,068	-	-
SWI pump (A3)	Weibull	3030,164	0,612	-	-
ABF Filter (A4)	Normal	-	-	5130,303	8634,942
Clarifier (A5)	Weibull	38049,447	7,926	-	-
MMF (A6)	Weibull	3146,996	0,601	-	-
Bag Filter (A7)	Weibull	8864,488	2,35	-	-
Catride Filter (A8)	Normal	-	-	4503,417	8028,289
SWRO (A9)	Weibull	1582,518	0,763	-	-
BWRO (A10)	Normal	-	-	3158,663	4363,334
Decarbonator (A11)	Weibull	5997,646	1,149	-	-

#### 3.2.2. Reliability

$$R(t) = 1 - F(t) = \Pr(T \geq t) \text{ untuk } t > 0$$

$$= 1 - \int_0^t f(t) dt \quad (1)$$

dengan:

$F(t)$  : Fungsi kumulatif dari  $t$   
 $\Pr(T \geq t)$  : Probabilitas suatu sistem

berfungsi di atas periode waktu  $t$

: Fungsi padat peluang dari  $t$

#### 3.2.1. Uji Distribusi

Sebelum dilakukan perhitungan peluang kegagalan komponen, perlu dilakukan uji distribusi data untuk mengetahui jenis distribusi data kegagalan pada *utility system*.

Pada penelitian ini, pengujian distribusi data dilakukan dengan menggunakan software *weibull 6++*. Distribusi data yang digunakan dalam penelitian ini adalah exponential weibull, normal, dan log normal. Hasil uji distribusi pada tabel 2.

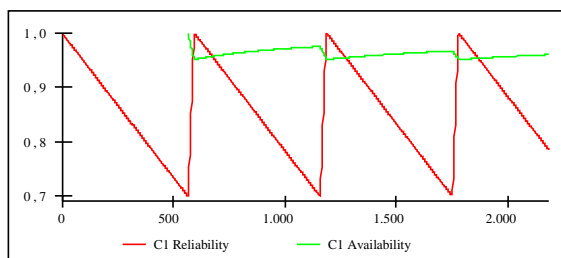
Selanjutnya, setelah didapatkan nilai parameter dari masing-masing komponen, selanjutnya adalah dilakukan penghitungan nilai keandalan dari masing-masing komponen. Pada perhitungan keandalan

disini, analisa keandalan dilakukan pada  $t = 567,16$  atau pada  $t$  decabonator. Hasil perhitungan bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Reliability*

### 3.3. Penentuan Waktu Interval Perawatan

Tahap selanjutnya dalam pengolahan data pada tahap ini adalah membuat simulasi model analisa keandalan, ketersediaan dan jadwal perawatan komponen kritis *utility system*. Simulasi model komponen menggunakan batas keandalan minimum pemeliharaan komponen (*Reliability Lower Limit Maintenance*) adalah 0,7 saat dioperasikan dan diasumsikan akan kembali menjadi 1 apabila komponen tersebut melaksanakan perawatan dan perbaikan. Hasil dari simulasi komponen SWRO dapat dilihat pada Gambar 4.



Komponen	waktu pemeliharaan (jam)	Frekuensi Bulan
	(RLMM ; 0,7)	
SWRO	565	1,27
Travelling Screen	1477	0,48

Gambar 4. Hasil simulasi *powersim studio 10*

Pada Gambar 4. menggambarkan hasil *running program* simulasi sistem *utility*, dimana nilai *reliability* sistem akan mengalami *fluktuasi* (naik turun). Nilai keandalan sistem akan mengalami penurunan jika komponen berada pada waktu kerja atau *uptime*, sedangkan kenaikan nilai keandalan sistem terjadi ketika terdapat komponen yang mengalami pemeliharaan.

### 3.4. Biaya Perawatan

Setelah mengetahui jadwal perawatan dari komponen SWRO dan TF, maka langkah selanjutnya adalah menghitung besarnya biaya perawatan yang

harus dikeluarkan pada saat ini dengan biaya perawatan yang harus dikeluarkan untuk masa yang akan datang. Tujuan untuk mengetahui biaya perawatan yang dikeluarkan maka perusahaan dapat memprediksi dan membandingkan seberapa besar biaya pengeluaran yang harus dikeluarkan untuk perbaikan dan kerugian akibat *plant* tidak dapat beroperasi. Untuk memudahkan dalam melakukan analisa perhitungan biaya perawatan komponen SWRO dan TF. Berdasarkan pada ketiga biaya diatas maka CR dapat diperoleh dengan rumus :

$$CPr = (\text{Biaya tenaga kerja (CW)} + \text{Biaya kehilangan Produksi (CO)}) \times t + \text{Harga komponen (CF)} \quad (2)$$

Dimana :

- CPr : Biaya Perbaikan
- CF : Biaya penggantian komponen
- CW : Biaya pekerja (*man hours*)
- CO : Biaya konsekuensi operasional
- t : waktu perbaikan/perawatan

No	Komponen	Biaya Sebelum Preventive	Biaya Sesudah Preventive
1	SWRO	Rp.17.040.470.740	Rp.5.155.300.000
2	Travelling Screen	Rp.29.152.752.064	Rp.8.778.840.000

Tabel 4. Hasil perhitungan biaya perawatan

### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa FTA, didapatkan 11 komponen penyusun yang bersifat seri pada sistem *utility* yaitu *Travelling Screen, Ecu Booster Pump, SWI Pump, ABF Filter, Clarifier, MMF, BagFilter, Catride Filter, SWRO, BWRO, Decabonator*. Dari hasil analisa FMEA, dengan mengkombinasikan nilai *saverity, occurance, detection* didapatkan komponen kritis : *travelling screen* dengan nilai *RPN (Risk preference Number)* sebesar 336. Berdasarkan perhitungan nilai keandalan pada waktu 567,16 jam, didapatkan nilai keandalan komponen terkecil adalah SWRO (*Sea Water Reverse Osmosis*) dengan nilai keandalan sebesar 0,76 dan nilai keandalan sistem sebesar 0,28. Berdasarkan hasil perhitungan jadwal baru pemeliharaan, jadwal pemeliharaan yang dilakukan perusahaan belum efektif. Komponen SWRO disarankan dilakukan pemeliharaan sesuai pendekatan sistem dinamik pada waktu operasi 565 jam. Komponen TF (*Travelling Screen*) disarankan dilakukan pemeliharaan sesuai pendekatan sistem dinamik pada waktu operasi 1477 jam. Selisih antara biaya perawatan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* untuk komponen SWRO dsaat  $RLLM = 0,7$  sebesar Rp.11.885.170.740 dan untuk komponen TF (*Travelling Screen*) dalam satu siklus pada saat  $RLLM = 0,7$  sebesar Rp.20.373.912.064.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dhillon, B. (2006). *Maintainability, Maintenance, and Reliability for engineers*. Singapore: Taylor & Francis Group.
- [2] Ebeling, C. (1997). *An Intorduction to Reliability and Maintainability Engineering*. United Kingdom: The British Library Document Supply Center.
- [3] Kiyak, E. (2012). The Effects of Aircraft Preventive Maintenance on Reliability. *International Journal Of Applied Mathematics and Informatics* , vol 6, hal 916.
- [4] Priyanta, D. (2000). *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya .
- [5] Soesetyo, I., & Yeny, L. (2014). Penjadwalan Predictive Maintenance dan Biaya Perawatan Mesin Pellet di PT Charoen Pokphand Indonesia - Sepanjang. *Predictive Maintenance dan Biaya Perawatan* , 147-154.
- [6] Taufiqurrahman. (2016). Fault Tree Analysis. *Pemeliharaan dan Rekayasa Keandalan* , 10-11.
- [7] Wibaningrum, R. (2012). *Perencanaan Pemeliharaan Berdasarkan Penilaian Ketersediaan (Availability) Sistem Suplai Bahan Bakar di PLTU Paiton 5&6*. Surabaya: Institusi Teknologi Sepuluh Nopember.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”