

## Penerapan Metode RCM II untuk Meningkatkan Performa pada Strainer

Candra Apriyanto Sanjaya<sup>1\*</sup>, George Endri Kusuma<sup>2</sup>, dan Mohamad Hakam<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 60111, Indonesia<sup>1\*</sup>

Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia<sup>2,3</sup>

Email: candra.sanjaya48@gmail.com<sup>1\*</sup>;

**Abstract** – Missile Fast Boat (KCR 60M) with the type of patrol boat and Hospital Assistance Ship (BRS). In some maintenance processes carried out on the ship system, counted on average carried out for 2 weeks. But that is done for all different equipment and machinery. The topic taken was performance analysis and maintenance proposals for the strainer. Strainer is a support component that functions as an outside water filter that will enter the ship system, because the strainer is the initial entrance of water and easy to do checks and can extend the life time of components such as pumps and heat exchangers that exist in the system. And to analyze all of these things use the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Reliability Centered Maintenance (RCM) methods and the data used such as TTF (Time to Failure) and TTR (Time to Repair). The application of this method is obtained the right maintenance time and more effective. The application of this method to each system on the ship is a sea chest system, sea water cooler system, ballast system, getting an additional maintenance time of 88 hours or about 3 days for the maintenance deadline. In the fuel oil transfer & purifying system, the maximum maintenance time limit is 982 hours or 40 days. As for the oil fill & transfer system to get results which is a time difference of 4.208 hours or about 5 months earlier than company data, it can be a suitable scheduling proposal for each of these systems. And the maximum fouling factor for the strainer component is 3.21 mm. As a result, the life time possessed by each machine component will be longer and its performance becomes optimal especially for strainer components that don't have a fixed maintenance schedule.

**Keyword:** FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), Fouling Factor, RCM (Reliability Centered Maintenance), RCM II (Decision Worksheet), Strainer, TTF (Time to Failure), TTR (Time to Repair).

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Dalam industri perkapalan, *maintenance* merupakan hal yang harus dilakukan agar dapat mencegah kerusakan pada sistem kapal dan menghindari terjadinya kecelakaan kerja. Perlakuan tersebut memiliki tahap serta ketentuan untuk dilakukannya *maintenance*, karena sistem yang ada pada kapal memiliki satu kesatuan. Jika terjadi kesalahan atau *maintenance* yang terlambat, maka kapal harus dilakukan *overhaul* yang biasa memakan biaya yang sangat tinggi. Jika dilihat dari sisi ekonomi maka hal tersebut adalah suatu kerugian bagi perusahaan. Salah satu komponen kapal yang dilakukan *maintenance* yaitu *strainer* pada kapal. *Strainer* merupakan alat yang memiliki kegunaan untuk menyaring air yang masuk pada kapal agar kotoran yang dibawa oleh air tidak masuk pada mesin kapal yang biasanya mengakibatkan penyumbatan.

Penyumbatan tersebut dapat mengurangi bahkan merusak sistem yang ada pada kapal. Karena itu harus ada *maintenance* atau pengecekan untuk menghindari kerugian tersebut. *Strainer* memiliki *filter* yang ada didalam badan *strainer* yang berfungsi menyaring kotoran yang dibawa oleh air, biasanya *filter* yang digunakan terbuat dari

bahan alumunium. Proses perawatan *strainer* dengan cara mengambil *filter* yang ada pada *strainer* untuk dibersihkan, jika *filter* sudah terlihat rusak maka harus diganti dengan yang baru. Meski terlihat sepele jika pemilik kapal lupa tidak melakukan *maintenance* pada *filter* tersebut maka akan terjadi penyumbatan. Penyumbatan tersebut akan mengganggu kinerja sistem yang ada pada kapal, sehingga dalam jangka panjang dapat berdampak dari sisi ekonomi. Dengan demikian, diperlukan perhitungan performa *strainer* yang tepat serta usulan penjadwalan perawatan

#### 1.2. Rumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang diatas, maka permasalahan yang diangkat di penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana identifikasi kegagalan yang terjadi pada *strainer*?
2. Bagaimana performa *strainer* yang optimal pada saat air dari luar di pompa masuk?
3. Bagaimana usulan *maintenance* yang dibutuhkan untuk *strainer* pada sistem kapal untuk meminimalisir kerugian yang akan terjadi?

#### 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kegagalan yang terjadi pada

*strainer* menggunakan FMEA

2. Menganalisa tingkat performa *strainer* pada saat air dari luar di pompa masuk.
3. Memberi usulan *maintenance* yang sesuai pada sistem kapal agar meminimalisir kerugian yang akan terjadi.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat bagi mahasiswa yaitu dapat mengetahui dan memahami fungsi serta proses penyaringan yang dilakukan oleh *strainer* pada permesinan kapal. Dan mahasiswa dapat mengetahui pentingnya proses *maintenance*.
2. Manfaat bagi perusahaan yaitu perusahaan dapat mengetahui waktu *maintenance* yang tepat dan optimal untuk *strainer* setelah pemakaian kapal agar tidak terjadi kerusakan pada sistem yang ada, agar tidak terjadi *overhaul* untuk kapal.

#### 1.5. Batasan Masalah

Agar pembahasan yang dilakukan dapat fokus terhadap tujuan penelitian dan tidak melebar dari pembahasan utama, maka permasalahan hanya dibatasi pada :

1. Tidak membahas tentang laju korosi pada *filter strainer*.
2. Jenis *strainer* yang diambil sama seperti yang diaplikasikan pada kapal yaitu *Strainer Bucket Type, T Type, dan Y Type*.
3. Penelitian yang dilakukan tidak menghitung biaya untuk melakukan proses *maintenance*.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

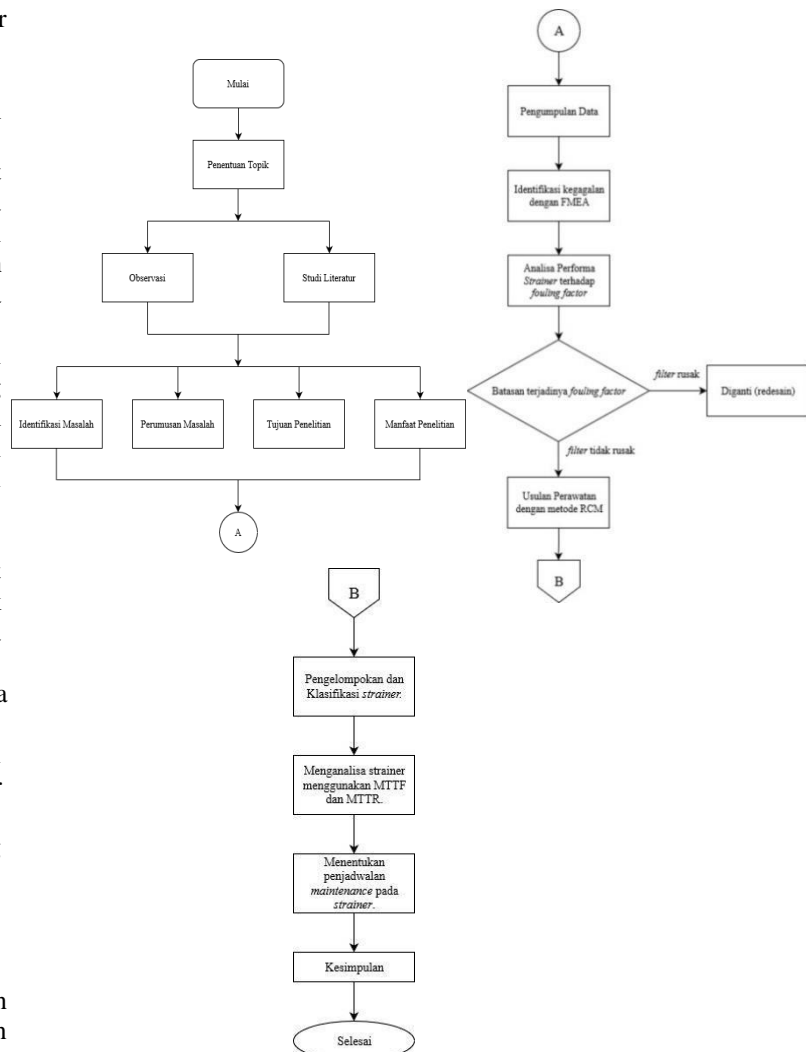
Waktu dan tempat untuk melakukan penelitian dengan judul Usulan Penjadwalan Perawatan *Strainer* dengan metode RCM II untuk Meningkatkan Performa *Strainer* Terhadap *Fouling Factor*. Waktu yang digunakan penelitian ini dilakukan pada saat studi lapangan maupun pengambilan data yang dilaksanakan pada bulan kedua hingga keempat secara bertahap dan terkoordinasi dengan pihak perusahaan. Penelitian dan pengambilan data dilakukan di PT. PAL Indonesia (PERSERO) di Ujung Surabaya, Jawa Timur. Serta pengerjaan analisa dilakukan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS).

### 2.2. Variabel Penelitian & Definisi Operasional

1. Data TTF (*Time to Failure*), dimana berapa kali mesin atau sistem pada saat pengoperasian mengalami sebuah kegagalan.
2. Data TTR (*Time to Repair*), dimana waktu pengecekan atau perbaikan suatu komponen sampai digunakan kembali.
3. *Fouling Factor*, adalah akumulasi tahanan termal dengan skala nominal.

### 2.3. Diagram Alur Penelitian

Untuk memudahkan pengerjaan penelitian, maka dibuat *flowchart* seperti Gambar 2.1:



Gambar 2. 1 Alur Penelitian

### 2.4. Langkah-langkah Penelitian

#### 1. Observasi dan Literatur

Observasi adalah salah satu proses kegiatan pengungkapan fakta-fakta melalui observasi atau pengamatan dan wawancara dalam proses memperoleh keterangan atau data dengan cara terjun langsung kelapangan. Studi lapangan yang dilakukan untuk mencari data bersamaan dengan *On The Job Training (OJT)*, pengamatan yang dilakukan seperti mengumpulkan data yang diizinkan oleh perusahaan serta wawancara pada pegawai sekaligus pembimbing dari perusahaan mengenai *strainer* yang ada pada sistem kapal yang sedang di *maintenance* maupun yang sedang dikerjakan.

Studi pustaka adalah kegiatan untuk menghimpun informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang menjadi objek penelitian. Informasi tersebut dapat didapat dari membaca buku, referensi jurnal, tesis,

ensiklopedia dan sumber-sumber lain. Hal ini bertujuan untuk memperkuat dasar teori agar penelitian dapat dipertanggungjawabkan. Teori-teori yang menjadi dasar teori untuk penelitian ini adalah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), *Fouling Factors*, *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

## 2. Penentuan Topik

Pemilihan objek penelitian pada dasarnya objek apa yang hendak diteliti, dikaji serta dibahas pada suatu penelitian. Pemilihan tersebut harus disesuaikan dengan kebutuhan yang akan diteliti. Dalam pemilihan objek yang akan diteliti pada penelitian ini adalah sebuah permasalahan penjadwalan *maintenance strainer* yang bisa dibilang kurang efektif dan efisien, karena belum ada perhitungan performa strainer dapat memfilter kotoran secara maksimal. Agar perusahaan dapat mengetahui kapan strainer harus dilakukan *maintenance* untuk menghindari *overhaul* pada kapal yang dapat merugikan perusahaan karena memakan banyak dana.

## 3. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah adalah tahapan terpenting dalam sebuah penelitian selain latar belakang dan perumusan masalah. Pada indentifikasi masalah merupakan suatu tahapan untuk menentukan fokus masalah yang akan diangkat menjadi sebuah penelitian. Menganalisa *maintenance* pada *strainer* yang sesuai agar tidak terjadi kerusakan sistem yang pada kapal agar tidak merugikan perusahaan pemilik kapal yang melakukan *maintenance*.

## 4. Perumusan Masalah

Setelah masalah yang akan diteliti ditentukan, membuat atau mencari variabel apa saja yang akan diteliti dan bagaimana hubungan variabel-variabel satu dengan yang lain. Supaya dapat menjawab masalah dengan akurat.

Rumusan masalah meliputi perlakuan apa yang harus dilakukan pada *strainer* jika telah dilakukan perhitungan optimal berapa banyak kotoran yang dapat ditampung oleh *filter strainer* pada saat pengoperasian kapal serta menentukan berapa lama harus dilakukan *maintenance* pada sistem *strainer* kapal secara optimal

## 5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah suatu indikasi ke arah mana penelitian itu dilakukan atau data-data serta informasi apa yang ingin dicapai dari penelitian. Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu dapat mengidentifikasi performa strainer dapat menampung kotoran yang dibawa oleh air, serta dapat menganalisa *maintenance* yang efektif dan dari segi ekonomi dapat menguntungkan perusahaan yang memiliki kapal yang di *maintenance* pada tempat penelitian.

## 6. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dapat mengetahui performa strainer terhadap *fouling factor* agar dapat diusulkan penjadwalan untuk perawatan. Jika telah ditentukan penjadwalan perawatan, maka komponen setelah *strainer* seperti pompa dan *heat exchanger* nilai *life time*-nya akan bertambah karena telah diantisipasi pada bagian strainer. Serta untuk segi perawatannya terbilang mudah dibanding dengan perawatan komponen yang lainnya.

## 7. Identifikasi kegagalan dengan FMEA

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh engineers untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. 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.

## 8. Analisa performa Strainer

Melakukan perhitungan serta analisa performa *strainer* terhadap air yang dipompa masuk kedalam agar mengetahui titik mana *filter* dapat menyaring kotoran atau yang bisa disebut dengan *fouling factor*.

## 9. Batasan *fouling factor* pada *strainer Fouling factor* berguna untuk mengetahui

akumulasi endapan yang tersaring pada *filter strainer*. *Fouling* juga dapat menyebabkan pengurangan *cross sectional area* (luas penampang melintang) dan meningkatkan *pressure drop* sehingga dibutuhkan energi ekstra.

## 10. Usulan penjadwalan

### a. Melakukan analisa MTTF pada *strainer*

Keandalan suatu sistem sering dinyatakan dalam bentuk angka atau numerik yang menyatakan masa pemakaian dari sistem tersebut, yang disebut sebagai rata-rata waktu kerusakan atau MTTF. MTTF merupakan nilai rata-rata waktu kerusakan yang akan datang dari sebuah sistem (komponen). MTTF disebut juga sebagai masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan atau dihidupkan sampai unit tersebut akan rusak.

### b. Melakukan analisa MTTR pada *strainer*

*Time to Repair* adalah probabilitas pada perawatan suatu item untuk dikembalikan kepada kondisi awal operasional

### c. Menganalisa penelitian dengan metode RCM. RCM merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar suatu asset fisik dapat berlangsung terus memenuhi fungsi yang diharapkan dalam

konteks operasinya saat ini.

11. Analisa Data

Pada tahap ini akan dilakukan analisa hasil dari proses pengolahan data untuk mengetahui seberapa besar tingkat penyebab terjadi kerusakan jika tidak terjadi *maintenance* yang benar serta untuk memperoleh pemecahan masalah yang difokuskan pada penelitian. Analisa data juga memuat kegiatan proses pengambilan keputusan terhadap pengolahan data. Apabila terjadi ketidaksesuaian keputusan, maka tindakan yang dilakukan adalah kembali ke tindakan proses pengambilan data dan mengolahnya kembali.

12. Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan keseluruhan proses penelitian. Tahap ini merupakan proses akhir yang dilakukan untuk menjawab tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini akan disarankan untuk perusahaan sebagai acuan penjadwalan yang efisien untuk *strainer*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan *Fouling Factor*

Selama *strainer* beroperasi maka akan mengalami faktor pengotoran atau *fouling factor* yang dapat dibersihkan dan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$1Ud = 1hf + R''fc + R_w + R''fh + 1hN$$

$$129,39 = 118,95 + R''fc + 5,803E-05 + 0,0002 + 125966,239$$

$$R''fc = 0,0028 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai *fouling factor strainer* sebesar:

$$R''fc = 0,0028 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$$

Dimana:

Ud = Koefisien perpindahan panas *global* desain (W/m<sup>2</sup>.K)

Rw = *Thermal resistance of wall tube* (m<sup>2</sup>.K/W)

Nilai hc = hi = Koefisien perpindahan panas konveksi dalam tube

Nilai hh = hN = Koefisien perpindahan panas kondensasi luar tube

R''fc = *fouling factor inner tube* (m<sup>2</sup>.K/W)

R''fh = *fouling factor outer tube* (m<sup>2</sup>.K/W)

3.2. Perhitungan Tebal *Fouling*

Rumus untuk menghitung tebal *fouling* dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

(Pendekatan *thermal conductivity fouling* menggunakan *iron oxide* = 0,427 W/m.K)

$$t_f = 0,5 \times dc [1 - \exp(-2\pi k f R f dc)]$$

$$t_f = 0,5 \times 0,0233 [1 - \exp(-2\pi \times 0,427 \times 0,00270,0233)]$$

$$t_f = 0,00321 \text{ m}$$

$$t_f = 3,21 \text{ mm}$$

Setelah didapatkan data seperti diatas dapat dibuat tabel sesuai *ranking* yang

direkomendasikan untuk penggunaan distribusi. Tabel bisa dilihat seperti tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Uji Distribusi

No	Sistem	Jenis Distribusi	Parameter				
			$\sigma$	$\mu$	$\eta$	$\beta$	$\lambda$
1	Sea Chest	Weibull	-	-	4757.8	0.939	-
2	Sea Water Cooler	Weibull	-	-	4757.8	0.939	-
3	Ballast	Weibull	-	-	4757.8	0.939	-
4	Fuel Oil Transfer & Purifying	Exponential	-	-	-	-	1E-04
5	Oil Fill & Transfer	Weibull	-	-	5829.4	0.896	-

(Sumber: Hasil Perhitungan software ReliaSoft Weibull++)

Dari hasil perhitungan diatas, selengkapny nilai *reliability*, *Mean Time to Failure* (MTTF), dan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk masing-masing *strainer* pada tiap sistem dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Rekapitulasi *Reliability*, MTTF, dan MTTR

No	Sistem	t	Reliability	MTTF (Jam)	MTTR (Jam)
1	Sea Chest	10000	0.1341	10,088.338	2.71
2	Sea Water Cooler	10000	0.1341	10,088.338	3.16
3	Ballast	10000	0.1341	10,088.338	3.8
4	Fuel Oil Transfer & Purifying	16000	5.9374	8,982.305	6.25
5	Oil Fill & Transfer	10000	0.1974	12,968.020	16.04

(Sumber: Hasil Perhitungan *Reliability*, MTTF dan MTTR)

3.3. RCM II *Decesion Worksheet*

Tabel 3.3 RCM II *Decesion Worksheet S.W Cooler*

RCM II Decision Worksheet		Sistem: Sea Water Cooler Sub System:											Date:	Sheet No.:					
		Fungsi Sub System: Penyaring kotoran yang dibawa oleh air laut yang masuk											Of:						
No	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	Consequence Evaluation			Default Action	Proposed Task	Initial Interval (Jam)	Can be done by				
									H1	H2	H3								
					S1	S2	S3	E1	E2	E3	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
1	Strainer	2	A	1	N	N	N	Y	Y								On - condition task: Tindakan preventive dilakukan pembersihan dan pengecekan pada strainer pada saat kapal naik dock maupun pada saat belayar dengan visual checking.	5000	ABK engine dept.

Tabel 3.4 RCM II *Worksheet Ballast*

RCM II Decision Worksheet		Sistem: Ballast Sub System:											Date:	Sheet No.:					
		Fungsi Sub System: Penyaring kotoran yang dibawa oleh air laut yang masuk											Of:						
No	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	Consequence Evaluation			Default Action	Proposed Task	Initial Interval (Jam)	Can be done by				
									H1	H2	H3								
					S1	S2	S3	E1	E2	E3	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
1	Strainer	2	A	1	N	N	N	Y	Y								On - condition task: Tindakan preventive dilakukan pembersihan dan pengecekan pada strainer pada saat kapal naik dock maupun pada saat belayar dengan visual checking.	5000	ABK engine dept.

Tabel 3.5 RCM II *Worksheet F.O Transfer & Purifying*

RCM II Decision Worksheet		Sistem: Fuel Oil Transfer & Purifying Sub System:											Date:	Sheet No.:					
		Fungsi Sub System: Penyaring kotoran yang dibawa oleh minyak dari oil storage tank											Of:						
No	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	Consequence Evaluation			Default Action	Proposed Task	Initial Interval (Jam)	Can be done by				
									H1	H2	H3								
					S1	S2	S3	E1	E2	E3	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
1	Strainer	2	A	1	N	N	N	Y	Y								On - condition task: Tindakan preventive dilakukan pembersihan dan pengecekan pada strainer pada saat kapal naik dock maupun pada saat belayar dengan visual checking.	8000	ABK engine dept.

Tabel 3.6 RCM II *Worksheet Oil Fill & Transfer*

RCM II Decision Worksheet		Sistem: Oil Fill & Transfer Sub System:											Date:	Sheet No.:					
		Fungsi Sub System: Penyaring kotoran yang dibawa oleh minyak dari oil storage tank											Of:						
No	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	Consequence Evaluation			Default Action	Proposed Task	Initial Interval (Jam)	Can be done by				
									H1	H2	H3								
					S1	S2	S3	E1	E2	E3	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
1	Strainer	2	A	1	N	N	N	Y	Y								On - condition task: Tindakan preventive dilakukan pembersihan dan pengecekan pada strainer pada saat kapal naik dock maupun pada saat belayar dengan visual checking.	5000	ABK engine dept.

4. KESIMPULAN

1. Identifikasi kegagalan yang didapat dari analisa data yang dikumpulkan menggunakan metode FMEA didapatkan nilai RPN tertinggi yang dimiliki oleh komponen *strainer*.

2. Berdasarkan hasil perhitungan *reliability* untuk perawatan *strainer* agar performa *strainer* tetap terjaga kualitasnya harus mengikuti waktu perbaikan yang telah ditentukan.
3. Rekomendasi *maintenance* yang diberikan sebagai berikut:
  - a. Memaksimalkan *planned maintenance* yang sudah ada atau dibuat *planned maintenance* sesuai kebutuhan yang ada. Agar mengurangi kerusakan pada tiap komponen sistem.
  - b. Melakukan *safety briefing operational* setiap pergantian *shift*.
  - c. Melakukan pembagian pada setiap ABK yang bertugas untuk melakukan *visual checking* pada jadwal yang ditentukan.

**Maintenance**. NewYork: Industrial Press Inc. 2nd edition.

- [15] Norsok. (2011). **"Risk Based Maintenance and Cosequence Classification"**. Norway.
- [16] Pranoto, H. (2015). **Reliability Centered Maintenance**. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- [17] Rohmah. (2016). **Mean Time to Repair**.
- [18] Soemarno, A. (2008). *Pemeliharaan*. ([http://www.google.com/pemeliharaan/Pemeliharaan Sharing pengalaman Maintenance](http://www.google.com/pemeliharaan/Pemeliharaan%20Sharing%20pengalaman%20Maintenance)).
- [19] Stamatis. (1995). **Failure Mode and Effect Analysis**, ASQC, United States Of America.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahyari, A. (2002). **Manajemen Produksi Perencanaan Sistem Produksi**, Edisi Empat, Yogyakarta, BPFE.
- [2] Assauri, S. (2004). **Manajemen Produksi dan Operasi**, Edisi Revisi, LPFEUI. Jakarta.
- [3] Budianto. (2017). **Edukasi dan Pelatihan Mengenai Repair Perahu Kayu**.
- [4] Corder, A. (1992). **Teknik Manajemen Pemeliharaan**.
- [5] Daryus A. (2008). **Manajemen Pemeliharaan Mesin**.
- [6] Dimitri, K. (2002). **Reliability Engineering Handbook**. Lancaster: DEStech Publication.
- [7] Ebeling, C. E. (1997). **An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering**. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [8] Incropera, F. P. (1985). **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**, Second Edition. John Wiley & Sons Inc. : New York.
- [9] Ivan Soesetyo, L. Y. (2014). **Penjadwalan Predictive Maintenance dan Biaya Perawatan Mesin Pellet**. *Jurnal Titra2(2)*, 147-154.
- [10] Kern, D. (1983). **Process Heat Transfer**. McGraw Hill Book Company. New York.
- [11] Kurniawan, F. (2013). **Manajemen Perawatan Industri : Teknik dan Aplikasi Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance dan Reability Centered Maintenance (RCM)**. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [12] McDermott., E. R. (2009). *The Basic of FMEA*. Edisi 2. USA : CRC Press.
- [13] Mobley. R.K., L. H. (2008). *Maintenance Engineering Handbook 7th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- [14] Moubray, J. (1997). **Reliability Centered**