



## Perencanaan Perawatan Mesin Nail Making Machine Untuk Meminimasi Adanya Downtime Di CV. XYZ

**Dwi Bayu Laksono<sup>1</sup>, Herlina<sup>2</sup>**

Jurusan Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl.Semolowaru 45 Surabaya, 60118, Jawa Timur, Indonesia<sup>(1)</sup>

Jurusan Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl.Semolowaru 45 Surabaya, 60118, Jawa Timur, Indonesia<sup>(2)</sup>

DOI: [10.24127/jutin.v6i3.16040](https://doi.org/10.24127/jutin.v6i3.16040)

✉ Corresponding author:

[[1411900232@surel.untag-sby.ac.id](mailto:1411900232@surel.untag-sby.ac.id)]

[[herlina@untag-sby.ac.id](mailto:herlina@untag-sby.ac.id)]

### Article Info

### Abstrak

#### Kata kunci:

*pemeliharaan mesin, Metode RCM, Metode FMEA, Metode LTA*

CV.XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur yang memproduksi paku dan kawat duri. Kerusakan mesin produksi paku atau (nail making machine), mengakibatkan jam berhenti (downtime dan delay) pada proses produksi yang mengakibatkan kinerja mesin menjadi kurang efektif dan efisien. Efektivitas dalam proses produksi perlu didukung adanya manajemen perawatan dan pemeliharaan pada mesin untuk itu diperlukan langkah-langkah yang efektif dalam pemeliharaan mesin untuk dapat menanggulangi dan mencegah masalah tersebut. Penelitian ini melakukan studi literatur dengan menggunakan buku tentang Manajemen perawatan, Metode RCM, Metode FMEA, Metode LTA, dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan manajemen perawatan dan juga Metode RCM. Interval perawatan komponen kritis atau komponen mengalami kerusakan sebanyak 6 kali satu tahun dengan interval waktu perawatan selama 281 jam. Sedangkan komponen side shaft yang mengalami kerusakan sebanyak 4 kali dalam satu tahun dengan interval waktu perawatan selama 282 jam. Aktivitas pemeliharaan yang perlu dilakukan untuk mengurangi kegagalan pada komponen crank shaft dengan jenis kerusakan pelumas bearing habis perlu dilakukan perawatan schedule restoration task, jenis kerusakan bearing longgar perlu dilakukan perawatan schedule discard task, dan jenis kerusakan sambungan lengan lepas atau patah perlu dilakukan schedule discard task. Pada komponen side shaft dengan jenis kerusakan sambungan stang metal patah perlu dilakukan perawatan schedule discard task, untuk kerusakan beban wire feeder aus perlu dilakukan perawatan schedule restoration task, dan untuk kerusakan sayap metal longgar perlu dilakukan aktivitas schedule restoration task.

**Abstract**

*Keywords:*

*machine maintenance, RCM Methode, FMEA Method, LTA Method*

CV.XYZ is a manufacturing company that produces nails and barbed wire. The destruction of nail making machines or (nail making machines), resulting in clock stops (downtime and delay) in the production process which results in machine performance becoming less effective and efficient. Effectiveness in the production process needs to be supported by maintenance and maintenance management on the machine for that effective steps are needed in machine maintenance to be able to overcome and prevent these problems. This study conducted a literature study using books on Care Management, RCM Method, FMEA Method, LTA Method, and journals related to care management and also RCM Method. Maintenance intervals of critical components or components damaged 6 times a year with a maintenance time interval of 281 hours. While the side shaft components are damaged 4 times in one year with a maintenance time interval of 282 hours. Maintenance activities that need to be carried out to reduce failures in crank shaft components with the type of damage to the exhausted bearing lubricant need to be carried out schedule restoration task maintenance, the type of loose bearing damage needs to be carried out schedule discard task maintenance, and the type of loose or broken arm connection damage needs to be done schedule discard task. In side shaft components with broken types of metal handlebar connection damage, it is necessary to carry out schedule discard task maintenance, for damage to worn wire feeder loads, it is necessary to carry out schedule restoration task maintenance, and for loose metal wing damage, schedule restoration task activities need to be carried out.

**1. PENDAHULUAN**

CV.XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur yang memproduksi paku dan kawat duri. Permasalahan yang timbul di perusahaan tersebut khususnya terkait dengan kerusakan mesin produksi paku atau dengan kata lain (nail making machine), hal tersebut dapat mengakibatkan jam berhenti (downtime dan delay) pada proses produksi yang mengakibatkan kinerja mesin menjadi kurang efektif dan efisien.

Efektivitas dalam proses produksi perlu didukung adanya manajemen perawatan dan pemeliharaan pada mesin untuk itu diperlukan langkah-langkah yang efektif dalam pemeliharaan mesin untuk dapat menanggulangi dan mencegah masalah tersebut.

Tabel 1.1 Komponen kritis mesin NMM (*nail making machine*)

No.	Nama Komponen	Jenis kerusakan	Jumlah Kerusakan (kali)	Lama Perbaikan (jam)
1.	<i>Ball Bearing</i>	Aus	4	32
2.	<i>Belt</i>	Molor	2	16
3.	<i>Pulley</i>	Aus	5	40
4.	<i>Lubang Wireroad</i>	Aus	2	8
5.	<i>Spring</i>	Molor	6	6
6.	<i>Pisau paku</i>	Tumpul	3	12

Pada saat melakukan penelitian, ternyata CV.XYZ menerapkan sistem perawatan (Breakdown maintenance) perawatan tersebut merupakan pekerjaan perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada peralatan, dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, material, alat – alat dan tenaga kerjanya.

Pada komponen Mesin NMM mengalami beberapa kerusakan dan menyebabkan perbaikan untuk waktu yang cukup lama sehingga alur produksi pada perusahaan menjadi terhambat dan akibatnya target produksi atau permintaan mengalami keterlambatan. Sehingga untuk menyelesaikan kerusakan tersebut dilakukan perawatan pada mesin sehingga menyebabkan tingginya downtime serta delay yang terjadi adalah terganggunya proses sistem pada mesin.

Karena CV.XYZ menggunakan sistem MTO (make to order) maka kurangnya Realisasi produksi yang dihasilkan dari target produksi harus diselesaikan pada bulan berikutnya, akhirnya dapat menyebabkan keterlambatan produk yang diterima oleh customer, hal tersebut dapat terjadi dinilai adanya kegagalan fungsi pada komponen mesin NMM seperti kerusakan pada Ball Bearing, Belt, Pulley, Lubang Wireroad, Spring, Pisau paku. karena realisasi jadwal perawatan yang terlambat sehingga kegagalan fungsi tersebut tidak dapat diidentifikasi.

Untuk mengurangi dampak kerusakan pada mesin NMM, maka perlu untuk dilakukan penjadwalan perawatan. Penelitian berikut ini mencoba mengusulkan sistem perawatan mesin yang semula breakdown maintenance menjadi preventive maintenance dengan analisis menggunakan metode Realibility Centered Maintenance, metode ini dapat menetapkan jadwal perawatan, dengan tetap memperhatikan fungsi dan kebutuhan fungsi sistem melalui modus kegagalan.

## 2. METODE

Penelitian ini melakukan studi literatur dengan menggunakan buku tentang Manajemen perawatan, Metode RCM, Metode FMEA, Metode LTA, dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan manajemen perawatan dan juga Metode RCM. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data dengan melakukan studi lapangan di CV.XYZ. Selanjutnya data-data yang telah diperoleh diolah dengan menggunakan metode RCM, Output dari perhitungan digunakan untuk hasil dari penelitian.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada CV.XYZ sistem kerja yang dilakukan adalah non-shift dengan total jam kerja selama 8 jam dalam 1 hari ditambah 2 jam lembur. Dalam satu minggu terdapat 5 hari aktif bekerja dan 2 hari libur. Jadi dalam satu hari CV.XYZ aktif beroperasi kurang lebih selama 10 jam dengan 1 jam istirahat.

Data kerusakan dan perbaikan mesin NMM yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 merupakan data historis dari bulan Januari 2022 sampai April 2023. Untuk menghitung lamanya downtime pada mesin dapat menggunakan rumus yaitu waktu selesai perbaikan – waktu mulai terjadinya kerusakan. Salah satu contoh perhitungan pada tanggal 5 Januari 2022 dimana waktu selesai kerusakan – waktu terjadinya kerusakan didapatkan adalah 09.40-07.32. Maka lamanya waktu perbaikan adalah selama 2,1 jam. Tabel 1 merupakan perhitungan downtime dari kerusakan mesin NMM.

**Tabel 1 Perhitungan Downtime Kerusakan Mesin NMM**

No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total jam perbaikan (Jam)
1	5 Januari 2022	07:32	09:40	2,1
2	24 Januari 2022	11:38	13:50	2,2
3	16 Februari 2022	07:27	09:55	2,5
4	2 Maret 2022	07:40	09:50	2,2
5	20 Maret 2022	13:41	16:25	2,7
6	17 April 2022	14:11	17:30	3,3
7	5 Mei 2022	08:35	10:40	2,1
8	10 Juni 2022	09:03	11:00	1,9
9	15 Juni 2022	08:57	10:35	1,6
10	08 September 2022	14:22	16:30	2,1
11	08 September 2022	14:12	17:30	3,3
12	19 September 2022	09:28	11:30	2
13	7 Oktober 2022	12:48	14:15	1,4

No	Tanggal	Mulai (jam)	Selesai (jam)	Total jam perbaikan (Jam)
14	10 Oktober 2022	10:32	13:44	3,2
15	29 Oktober 2022	10:54	13:22	2,5
16	23 November 2022	12:42	16:20	4,6
17	16 Desember 2022	11:43	13:45	2
18	22 Desember 2022	11:24	13:24	2
19	23 Januari 2023	13:19	16:25	3,1
20	26 Januari 2023	13:22	14:20	1
21	22 Februari 2023	08:03	09:30	1,4
22	24 Maret 2023	11:17	13:21	2,1
23	29 Maret 2023	09:10	11:12	2
24	01 April 2023	07:33	09:33	2
25	21 April 2023	07:44	09:44	2
26	28 April 2023	07:53	09:55	2
Total Downtime				59,3

Dari perhitungan yang sudah dilakukan diketahui bahwa untuk menghitung lamanya waktu perbaikan menggunakan rumus waktu selesai perbaikan dikurangi dengan waktu terjadinya kerusakan. Salah satu contoh perhitungannya pada tanggal 5 Mei 2022 diketahui waktu selesai perbaikan pada pukul 10.40 dan waktu terjadinya kerusakan pukul 08.35, maka lama waktu perbaikan adalah selama 2,1 jam. Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan breakdown untuk komponen crank shaft.

Tabel 2 Persentase Downtime Kerusakan Komponen

No	Nama Komponen	Downtime	%Downtime	%Downtime Kumulatif
1	Wire straightener	6,4	11%	11%
2	Wire cutting	4,3	7%	18%
3	Wire feeder	8,05	14%	32%
4	Hummer	2,2	4%	36%
5	Crank shaft	13,6	23%	59%
6	Side shaft	8,8	15%	74%
7	Flywheel	4,7	8%	82%
8	Electric motor	6,1	10%	92%
9	Start power	2	3%	95%
10	Auto lubricating pump	3,2	5%	100%
Jumlah		59,3	100%	

Hasil Pengujian

Tabel 3 Failure Modes and Effect Analyze (FMEA) pada Nail Making Machine

FMEA Worksheet			SISTEM : OPERASI NAIL MAKING MACHINE							
			SUB SISTEM : NAIL MAKING MACHINE (NMM)							
Part/proces	function	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Sev (1-10)	Potential Cause Of Failure	Occ (1-10)	Current Controls	Det (1-10)	RP N	Total RPN
Wire straightener	Meluruskan kawat	Bearing macet	Panjang paku tidak sesuai spesifikasi dan standar	2	Bearing tidak diganti ketika masa pakai habis	3	Pengecekan Bearing secara berkala	5	30	108

FMEA Worksheet			SISTEM : OPERASI NAIL MAKING MACHINE							
			SUB SISTEM : NAIL MAKING MACHINE (NMM)							
Part/proces	function	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Sev (1-10)	Potential Cause Of Failure	Occ (1-10)	Current Controls	Det (1-10)	RP N	Total RPN
		Bearing Longgar	Mempengaruhi kemampuan Bearing lain	5	Bearing tidak diganti ketika masa pakai habis	2	Pengecekan Bearing secara berkala	5	50	
			Hasil paku bengkok	2	Pergantian Bearing tidak sesuai dengan masa pakai	2	Pengecekan Wire Strightener secara berkala	7	28	
Wire cutting	Memotong kawat bahan paku	Pisau pemotong (cutter) aus	Dapat merusak komponen lain	3	Beban kerja komponen lain terlalu besar	2	Pengecekan wire cutting secara berkala	4	24	90
			Operasi macet atau berhenti	3	Waktu pelumasan yang tidak sesuai jadwal	3	Pengecekan pelumasan secara berkala	2	18	
		Pisau pemotong (cutter) tumpul	3	Penggunaan pisau pemotong yang terlalu lama	4	Pengecekan berkala pada output paku	4	48		
Wire feeder	Pengumpan kawat bahan paku	Feeder kawat aus	Dapat merusak komponen lain seperti stang metal	3	Waktu pelumasan yang tidak sesuai jadwal	3	Pengecekan pelumasan secara berkala	2	18	60
		Putaran side shaft kurang sempurna	Feeder tidak dapat beroperasi dengan baik	2	Putaran side shaft tidak beraturan	1	Pengecekan kekuatan baut side shaft secara berkala	5	10	
		Stang Metal Longgar	Operasi feeder tidak lancar	2	Komponen baut lepas, patah atau hilang	2	Pengecekan kekuatan baut side	8	32	

FMEA Worksheet			SISTEM : OPERASI NAIL MAKING MACHINE							
			SUB SISTEM : NAIL MAKING MACHINE (NMM)							
Part/proces	funcio n	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Sev (1-10)	Potential Cause Of Failure	Occ (1- 10)	Current Control s	Det (1- 10)	RP N	Total RPN
							shaft secara berkala			
Hummer	Meneka n kawat menjadi kepala paku	Hummer aus	Hummer macet atau tidak dapat beroperasi	5	Waktu pelumasan yang tidak sesuai jadwal	3	Pengec ekan peluma s secara berkala	3	45	105
		Sambung an hummer dengan Crank shaft patah	Hummer macet atau tidak dapat beroperasi	4	Pengguna an komponen sudah lama	1	Pengon trolan operasi crank shaft secara berkala	8	32	
		Stang Metal Longgar	Hasil kepala paku tidak sempurna	2	Komponen baut lepas, patah atau hilang	2	Pengec ekan kekuata n baut secara berkala	7	28	
Crank shaft	Pengger ak antara hummer dengan sayap metal serta pengatu r kecepat an	Pelumas Bearing habis	Operasi macet atau tidak lancar	8	Waktu pelumasan yang tidak sesuai jadwal	3	Pengec ekan peluma s secara berkala	1	24	194
		Bearing longgar	Operasi mesin tidak stabil dan mesin berisik	7	Masa pengguna an Bearing yang sudah lama	2	Pengec ekan masa pakai Bearing secara berkala	7	98	
		Sambung an lengan lepas atau patah	Crank shaft tidak dapat beroperasi	9	Masa pengguna an crank shaft yang sudah lama serta beban kerja berat	1	Mengo ntrol pemaka ian crank shaft	8	72	
Side shaft (stang metal)	Pengger ak dari crank shaft ke wire cutting dan wire	Sambung an stang metal patah	Proses jalannya produksi macet (berhenti)	9	Beban kerja karena pengumpa n kawat aus	1	Mengo ntrol sambun gan stang metal	7	63	311
		Beban	Sayap	8	Kelalaian	4	Mengo	7	22	

FMEA Worksheet			SISTEM : OPERASI NAIL MAKING MACHINE							
			SUB SISTEM : NAIL MAKING MACHINE (NMM)							
Part/proces	function	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Sev (1-10)	Potential Cause Of Failure	Occ (1-10)	Current Controls	Det (1-10)	RP N	Total RPN
	feeder	wire feeder aus	metal menjadi rusak		operator		ntrol wire feeder		4	
		Sayap metal longgar	Pergerakan stang metal tidak beraturan	6	Baut pengencang lepas	1	Mengontrol komponen baut	4	24	
Flywheel (roda gila)	Komponen pembantu untuk mempertahankan putaran mesin	Baut longgar	Putaran flywheel tidak beraturan	4	Masa pakai baut relatif lama	2	Mengontrol komponen baut	6	48	94
		Fanbelt longgar	Putaran flywheel menjadi lambat	2	Usia pakai fanbelt telah habis	1	Mengontrol penggunaan fanbelt	7	14	
		Sambungan flywheel patah	Proses produksi macet atau berhenti	4	Beban kerja dan usia flywheel yang sudah lama	2	Mengontrol komponen baut	4	32	
Electric motor	Sumber daya utama mesin	Panas atau overheating	Komponen mesin tidak dapat beroperasi	9	Beban tidak normal, fan rusak, body motor kotor	4	Mengontrol kebersihan serta arus listrik	8	288	288
Start power	Tombol power pada mesin	Tombol start macet	Mesin tidak dapat dihidupkan	3	Tombol power kotor atau usia pakai kabel yang sudah habis	3	Mengontrol kebersihan dan usia pakai kabel	2	18	18
Auto lubricating pump (cpv,pa,pb,pd,pl)	Pompa pelumasan otomatis	Selang pompa kotor	Pelumasan tidak dapat berjalan dengan baik	1	Waktu pelumasan yang tidak sesuai jadwal	2	Mengontrol kondisi selang	2	4	52
		Selang pompa bocor	Pelumasan tidak merata	8	Umur pakai selang yang telah	1	Mengontrol kelayakan	6	48	

FMEA Worksheet			SISTEM : OPERASI NAIL MAKING MACHINE							
			SUB SISTEM : NAIL MAKING MACHINE (NMM)							
Part/proces	funcio n	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Sev (1-10)	Potential Cause Of Failure	Occ (1-10)	Current Control s	Det (1-10)	RP N	Total RPN
					habis		selang yang dipakai			

Dari perhitungan Failure Modes and Effect Analyze (FMEA) pada Tabel 4.17 dapat diketahui hasil nilai RPN tertinggi didapatkan pada tiga komponen diantaranya Crank shaft dengan nilai RPN sebesar 194, Side shaft dengan nilai RPN sebesar 311, dan Electric motor dengan nilai RPN sebesar 288. Dari hasil perhitungan FMEA tersebut nantinya akan dilanjutkan pada analisis perawatan dengan Logic Tree Analysis (LTA) dan RCM.

Apabila jawaban dari kasus mengarah pada mode kegagalan kepada kategori D, maka analisa dilanjutkan kembali untuk menentukan apakah suatu kegagalan masuk kedalam kategori D/A, D/B atau D/C, *Intermediate Decision Tree* dapat dilihat pada gambar berikut :

Tabel 4 Identifikasi *Logic Tree Analysis*

Komponen	Failure Mode	Failure Cause	Critical Analysis			
			Evident	Safety	Outage	Category
Crank shaft	Pelumas bearing habis	Waktu pelumasan yang tidak sesuai jadwal	Y	N	N	B
	Bearing longgar	Masa penggunaan bearing yang sudah lama	Y	N	Y	B
	Sambungan lengan lepas atau patah	Masa penggunaan crank shaft yang sudah lama serta beban kerja berat	N	Y	Y	D/A
Side shaft (stang metal)	Sambungan stang metal patah	Beban kerja karena pengumpan kawat aus	N	Y	Y	D/A
	Beban wire feeder aus	Kelalaian operator	Y	N	Y	B
	Sayap metal longgar	Baut pengencang lepas	N	Y	N	D/B
Electric motor	Panas atau overheating	Beban tidak normal, fan rusak, body motor kotor	N	N	Y	B

Berikut keterangannya:

1. Kolom *Evident* diberikan Yes (Y) apabila operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem dan sebaliknya.
2. Kolom *Safety* diberikan nilai Yes (Y) apabila kerusakan yang terjadi menyebabkan masalah keselamatan.
3. Kolom *Outage* diberikan nilai Yes (Y) apabila kerusakan yang terjadi mengakibatkan mesin berhenti.
4. Kolom *Category* dibagi menjadi empat yaitu A (*Safety*), B (*Outage*), C (*Economic*), dan D (*Hidden Failure*).

Tabel 5 *Task Selection* Perawatan Mesin NMM

Komponen	Failure Mode	Failure Cause	Selection Guide							Task Selection	
			1	2	3	4	5	6	7		
Crank shaft	Pelumas bearing habis	Waktu pelumasan yang tidak sesuai jadwal	Y	Y							TD
	Bearing longgar	Masa penggunaan bearing yang sudah	Y	Y							TD



		lama							
	Sambungan lengan lepas atau patah	Masa penggunaan crank shaft yang sudah lama serta beban kerja berat	N			N		Y	TD
Side shaft	Sambungan stang metal patah	Beban kerja karena pengumpukan kawat aus	N			N		Y	TD
	Beban wire feeder aus	Kelalaian operator	Y	Y					TD
	Sayap metal longgar	Baut pengencang lepas	N			N		Y	TD
Electric motor	Panas atau overheating	Beban tidak normal, fan rusak, body motor kotor	Y	N	N	Y	Y		FF

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada tahap FMEA dan LTA, pemilihan tindakan yang dilakukan sebagai berikut :

1. Time Directed

Komponen yang termasuk dalam pemilihan tindakan ini adalah :

- a. Crank shaft : dengan jenis kerusakan pelumas bearing habis, bearing longgar dan sambungan lengan lepas atau patah.
- b. Side shaft : dengan jenis kerusakan sambungan stang metal patah, beban wire feeder aus, dan sayap metal longgar

2. Finding Failure

Komponen yang termasuk dalam pemilihan tindakan ini adalah :

Electric motor : dengan jenis kerusakan panas atau overheating

Berikut perhitungan distribusi Least Square Curve Fitting TTR untuk setiap distribusi :

1. Distribusi Eksponensial

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *crank shaft* pada distribusi eksponensial dengan menggunakan perhitungan manual. Berikut merupakan contoh perhitungannya.

$$xi = ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0,3}{n - 0,4} = \frac{1 - 0,3}{5 - 0,4} = 0,13$$

$$yi = \ln \left[ \frac{1}{1 - F(ti)} \right] = 0,14$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xiyi - (\sum_{i=1}^n xi) (\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2] - [n \sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{5 (13,88) - (11,1)(4,41)}{\sqrt{[5(13,88) - (11,1)^2] - [5(4,41) - (11,1)^2]}}$$

$$r = \frac{20,45}{71,12} = 0,29$$

Tabel 6 Least Square Curve Fitting TTR Komponen Crank Shaft Untuk Distribusi Eksponensial.

Crank shaft							
l	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi * yi	xi^2	yi^2
1	1	1	0,13	0,14	0,14	1	0,02

Crank shaft							
l	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi * yi	xi^2	yi^2
2	1,4	1,4	0,31	0,38	0,53	1,96	0,14
3	2	2	0,50	0,69	1,39	4	0,48
4	2,1	2,1	0,69	1,16	2,43	4,41	1,34
5	4,6	4,6	0,87	2,04	9,40	21,16	4,17
Total	11,1	11,1		4,41	13,88	32,53	6,15
Index of fit				0,29			

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *side shaft* pada distribusi eksponential dengan menggunakan perhitungan manual.

Tabel 7 *Least Square Curve Fitting* TTR Komponen *Side Shaft* Untuk Distribusi Eksponential.

Side shaft (stang metal)							
l	ti (jam)	xi = ti	F(ti)	yi	xi * yi	xi^2	yi^2
1	1,4	1,4	0,21	0,23	0,32	1,96	0,05
2	2	2	0,50	0,69	1,39	4	0,48
3	2,1	2,1	0,79	1,58	3,32	4,41	2,50
Total	5,5	5,5		2,50	5,03	10,37	3,03
Index of fit				0,71			

2. Distribusi Lognormal

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *crank shaft* pada distribusi lognormal dengan menggunakan perhitungan manual. Berikut merupakan contoh perhitungannya.

$$xi = \ln ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0,3}{n - 0,4} = \frac{1 - 0,3}{5 - 0,4} = 0,13$$

$$yi = Zi = \phi^{-1}[F(ti)] = -1,13$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xi yi - (\sum_{i=1}^n xi) (\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2] - [n \sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{5 (1,92) - (3,30)(0)}{\sqrt{[5.3,47 - (10,87)^2] - [5.3,01 - (0)^2]}}$$

$$r = \frac{9,59}{38,34} = 0,25$$

Tabel 8 *Least Square Curve Fitting* TTR Komponen *Crank Shaft* Untuk Distribusi Lognormal

Crank shaft							
l	ti (jam)	xi =ln ti	F(ti)	yi	xi * yi	xi^2	yi^2
1	1	0	0,13	-1,13	0,00	0	1,27
2	1,4	0,34	0,31	-0,48	-0,16	0,11	0,23

3	2	0,69	0,50	0,00	0,00	0,48	0,00
4	2,1	0,74	0,69	0,48	0,36	0,55	0,23
5	4,6	1,53	0,87	1,13	1,72	2,33	1,27
Total	11,1	3,30		0,00	1,92	3,47	3,01
<i>Index of fit</i>				0,25			

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *side shaft* pada distribusi lognormal dengan menggunakan perhitungan manual.

Tabel 9 *Least Square Curve Fitting* TTR Komponen *Side Shaft* Untuk Distribusi Lognormal

<i>Side shaft</i> (stang metal)							
l	ti (jam)	xi =ln ti	F(ti)	yi	xi * yi	xi^2	yi^2
1	1,4	0,34	0,21	-0,82	-0,28	0,11	0,67
2	2	0,69	0,50	0,00	0,00	0,48	0,00
3	2,1	0,74	0,79	0,82	0,61	0,55	0,67
Total	5,5	1,77		0,00	0,33	1,14	1,35
<i>Index of fit</i>				0,54			

3. Distribusi Weibull

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *crank shaft* pada distribusi weibull dengan menggunakan perhitungan manual. Berikut merupakan contoh perhitungannya.

$$xi = \ln ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0,3}{n - 0,4} = \frac{1 - 0,3}{5 - 0,4} = 0,13$$

$$yi = \ln \left[ -\ln \left[ \frac{1}{1 - F(ti)} \right] \right] = -1,97$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n xiyi - (\sum_{i=1}^n xi) (\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2] - [n \sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$r = \frac{5 (0,62) - (3,3)(-2,45)}{\sqrt{[5,3,47 - (10,87)] - [5,5,51 - 6,02]}}$$

$$r = \frac{11,17}{54,84} = 0,20$$

Tabel 10 *Least Square Curve Fitting* TTR Komponen *Crank Shaft* Untuk Distribusi Weibull

<i>Crank shaft</i>							
l	ti (jam)	xi =ln ti	F(ti)	yi	xi * yi	xi^2	yi^2
1	1	0,00	0,13	-1,97	0	0	3,90
2	1,4	0,34	0,31	-0,97	-0,33	0,11	0,95
3	2	0,69	0,50	-0,37	-0,25	0,48	0,13
4	2,1	0,74	0,69	0,14	0,11	0,55	0,02
5	4,6	1,53	0,87	0,71	1,09	2,33	0,51
Total	11,1	3,30		-2,45	0,62	3,47	5,51
<i>Index of fit</i>				0,20			

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *side shaft* pada distribusi lognormal dengan menggunakan perhitungan manual.

Tabel 11 *Least Square Curve Fitting* TTR Komponen *Side Shaft* Untuk Distribusi Weibull

Side shaft (stang metal)							
I	ti (jam)	xi =ln ti	F(ti)	yi	xi * yi	xi^2	yi^2
1	1,4	0,34	0,21	-1,47	-0,49	0,11	2,15
2	2	0,69	0,50	-0,37	-0,25	0,48	0,13
3	2,1	0,74	0,79	0,46	0,34	0,55	0,21
Total	5,5	1,77		-1,38	-0,41	1,14	2,50
<i>Index of fit</i>				0,45			

Hasil perhitungan dari *least square curve fitting* untuk masing-masing distribusi pada kedua komponen dengan *index of fit* yaitu diperoleh sebagai berikut.

Tabel 12 Hasil Perhitungan *Index of Fit Time To Repair*

Nama Komponen	Distribusi Ekspensial	Distribusi Lognormal	Distribusi Weibull
<i>Crank shaft</i>	0,29	0,25	0,20
<i>Side shaft</i>	0,71	0,54	0,45

Setelah dilakukan perhitungan dan rekapitulasi, dapat diketahui nilai *index of fit Time to Repair* terbesar yaitu untuk komponen *crank shaft* dengan Distribusi Ekspensial sebesar 0,29, komponen *side shaft* dengan Distribusi Ekspensial sebesar 0,71.

Setelah memperoleh *index of fit* dari komponen *crank shaft* dan *side shaft* untuk *time to failure*, selanjutnya diuji berdasarkan kesesuaian data sebagai berikut.

1. *Crank Shaft* (Distribusi Ekspensial)

Nilai *index of fit* terbesar yang didapatkan komponen *crank shaft* adalah distribusi ekspensial, maka yang digunakan dalam uji kesesuaian data adalah *Bartlett Test*.

$$X^2_{1-\frac{\alpha}{2},r-1} = X^2_{1-\frac{0,05}{2},4} = X^2_{0,975,4} = 0,484 \text{ (didapatkan dari Chi Square Distribution Table)}$$

$$X^2_{\frac{\alpha}{2},r-1} = X^2_{\frac{0,05}{2},4} = X^2_{0,025,4} = 11,143 \text{ (didapatkan dari Chi Square Distribution Table)}$$

Uji Bartlett sebagai berikut :

$$B = \frac{2r \left[ \ln \left( \frac{\sum_{i=1}^r ti}{r} \right) - \left( \frac{\sum_{i=1}^r \ln ti}{r} \right) \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}}$$

$$B = \frac{2(5) \left[ \ln \left( \frac{4134,8}{5} \right) - \left( \frac{33,16}{5} \right) \right]}{1 + \frac{(5+1)}{6(5)}} = 0,72$$

Karena  $X_{0,975,4}(0.484) < B(0,72) < X_{0,025,4}(11,143)$  maka dapat disimpulkan bahwa data *crank shaft* berdistribusi ekspensial. Parameter yang digunakan dalam distribusi ekspensial adalah  $\lambda$  maka perhitungannya nilainya adalah:

t = Total Waktu Kerusakan

$$\lambda = \frac{n}{t} = \frac{5}{4134,8} = 0,0012$$

2. *Side Shaft* Distribusi Ekspensial

Nilai *index of fit* terbesar yang didapatkan komponen *side shaft* adalah distribusi ekspensial, maka yang digunakan dalam uji kesesuaian data adalah *Bartlett Test*.

Wilayah kritis :  $X^2_1 < B < X^2_2$

$$X^2_{1-\frac{\alpha}{2},r-1} = X^2_{1-\frac{0,05}{2},2} = X^2_{0,975,2} = 0,051 \text{ (didapatkan dari Chi Square Distribution Table)}$$

$$X_{\frac{\alpha}{2}, r-1}^2 = X_{\frac{0,05}{2}, 2}^2 = X_{0,025, 2}^2 = 7,378 \text{ (didapatkan dari } \textit{Chi Square Distribution Table})$$

Uji Bartlett sebagai berikut :

$$B = \frac{2r \left[ \ln \left( \frac{\sum_{i=1}^r ti}{r} \right) - \left( \frac{\sum_{i=1}^r \ln ti}{r} \right) \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}}$$

$$B = \frac{2(3) \left[ \ln \left( \frac{3129,5}{3} \right) - \left( \frac{20,71}{3} \right) \right]}{1 + \frac{(3+1)}{6(3)}} = 0,226$$

Karena  $X_{0,975,2}(0,051) < B(0,226) < X_{0,025,4}(7,378)$  maka dapat disimpulkan bahwa data *crank shaft* berdistribusi eksponensial. Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah  $\lambda$  maka perhitungannya nilainya adalah:

t = Total Waktu Kerusakan

$$\lambda = \frac{n}{t} = \frac{3}{3129,5} = 0,00095$$

### Goodness of Fit Time To Repair (TTR)

Setelah mendapatkan nilai *index of fit* dari komponen *crank shaft* dan *side shaft* untuk *time to repair*, selanjutnya diuji berdasarkan kesesuaian data. Langkah pengujian yang digunakan untuk setiap komponen sebagai berikut.

#### 1. Crank Shaft (Distribusi Eksponensial)

Nilai *index of fit* terbesar yang didapatkan komponen *crank shaft* adalah distribusi eksponensial, maka yang digunakan dalam uji kesesuaian data adalah *Bartlett Test*.

Dimana :

H0: Data berdistribusi eksponensial

H1: Data tidak berdistribusi eksponensial

Taraf nyata  $\alpha = 0.05$

n = 5, n = r

Wilayah kritis :  $X^2_1 < B < X^2_2$

$$X_{1-\frac{\alpha}{2}, r-1}^2 = X_{1-\frac{0,05}{2}, 4}^2 = X_{0,975, 4}^2 = 0,484 \text{ (didapatkan dari } \textit{Chi Square Distribution Table})$$

$$X_{\frac{\alpha}{2}, r-1}^2 = X_{\frac{0,05}{2}, 4}^2 = X_{0,025, 4}^2 = 11,143 \text{ (didapatkan dari } \textit{Chi Square Distribution Table})$$

Uji Bartlett sebagai berikut :

$$B = \frac{2r \left[ \ln \left( \frac{\sum_{i=1}^r ti}{r} \right) - \left( \frac{\sum_{i=1}^r \ln ti}{r} \right) \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}}$$

$$B = \frac{2(5) \left[ \ln \left( \frac{11,1}{5} \right) - \left( \frac{3,3}{5} \right) \right]}{1 + \frac{(5+1)}{6(5)}} = 1,149$$

Karena  $X_{0,975,4}(0,484) < B(1,149) < X_{0,025,4}(11,143)$  maka dapat disimpulkan bahwa data *crank shaft* berdistribusi eksponensial. Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah  $\lambda$  maka perhitungannya nilainya adalah:

t = Total Waktu Kerusakan

$$\lambda = \frac{n}{t} = \frac{5}{11,1} = 0,45$$

#### 2. Side Shaft Distribusi Eksponensial

Nilai *index of fit* terbesar yang didapatkan komponen *side shaft* adalah distribusi eksponensial, maka yang digunakan dalam uji kesesuaian data adalah *Bartlett Test*.

$$X_{1-\frac{\alpha}{2}, r-1}^2 = X_{1-\frac{0,05}{2}, 2}^2 = X_{0,975, 2}^2 = 0,051 \text{ (didapatkan dari Chi Square Distribution Table)}$$

$$X_{\frac{\alpha}{2}, r-1}^2 = X_{\frac{0,05}{2}, 2}^2 = X_{0,025, 2}^2 = 7,378 \text{ (didapatkan dari Chi Square Distribution Table)}$$

Uji Bartlett sebagai berikut :

$$B = \frac{2r \left[ \ln \left( \frac{\sum_{i=1}^r t_i}{r} \right) - \left( \frac{\sum_{i=1}^r \ln t_i}{r} \right) \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}}$$

$$B = \frac{2(3) \left[ \ln \left( \frac{5,5}{3} \right) - \left( \frac{1,77}{3} \right) \right]}{1 + \frac{(3+1)}{6(3)}} = 0,076$$

Karena  $X_{0,975,2}(0.051) < B(0,076) < X_{0,025,4}(7,378)$  maka dapat disimpulkan bahwa data *crank shaft* berdistribusi eksponensial. Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah  $\lambda$  maka perhitungannya nilainya adalah:

t = Total Waktu Kerusakan

$$\lambda = \frac{n}{t} = \frac{3}{5,5} = 0,545$$

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

Setelah dilakukannya analisis perhitungan *goodness of fit* serta sudah mengetahui parameter, maka selanjutnya dilakukan perhitungan *mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR) menggunakan perhitungan berikut.

#### 1. Crank shaft

Berikut ini merupakan perhitungan MTTR dan MTTF dari komponen *crank shaft*:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,0012} = 826,96 \text{ jam}$$

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,4505} = 2,22 \text{ jam}$$

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan dapat diketahui bahwa komponen *crank shaft* memiliki nilai *mean time to failure* (MTTF) selama 897 jam dan nilai *mean time to repair* (MTTR) selama 2,22 jam.

#### 2. Side shaft

Berikut ini merupakan perhitungan MTTR dan MTTF dari komponen *side shaft*:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,00095} = 1043,17 \text{ jam}$$

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,5454} = 1,8 \text{ jam}$$

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan dapat diketahui bahwa komponen *side shaft* memiliki nilai *mean time to failure* (MTTF) selama 1043 jam dan nilai *mean time to repair* (MTTR) selama 1,8 jam.

### Reliability Sebelum Perawatan

#### 1. Crank shaft

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R(t) = 2,718^{-0,0012(826,96)} = 0,37$$

#### 2. Side shaft

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R(t) = 2,718^{-0,00095(1043,16)} = 0,37$$

Hasil dari perhitungan komponen *reliability* komponen *crank shaft* sebesar 0.37 atau 37% sedangkan *reliability* komponen *side shaft* sebesar 0.37 atau 37%.

### Penentuan Interval Perawatan

Penentuan interval waktu perawatan bertujuan untuk mengetahui waktu optimal untuk perawatan komponen, perhitungannya sebagai berikut.

#### 1. *Crank shaft*

Rata-rata waktu perbaikan komponen *crank shaft* yang dibutuhkan adalah selama 99 jam. Rata-rata waktu pemeriksaan komponen *crank shaft* yang dilakukan adalah selama 147 jam. Rata-rata kerusakan komponen *crank shaft* setiap bulan adalah 0,4. Frekuensi pemeriksaan optimal komponen *crank shaft* adalah 0,78 atau dapat dibulatkan menjadi 1 kali. Interval waktu perawatan komponen *crank shaft* yang ideal adalah selama 280 jam.

#### 2. *Side shaft*

Rata-rata waktu perbaikan komponen *side shaft* yang dibutuhkan adalah selama 120 jam. Rata-rata waktu pemeriksaan komponen *side shaft* yang dilakukan adalah selama 293 jam. Rata-rata kerusakan komponen *side shaft* setiap bulan adalah 0,25 frekuensi pemeriksaan optimal komponen *side shaft* adalah 0,78 atau dapat dibulatkan menjadi 1 kali. interval waktu perawatan komponen *side shaft* yang ideal adalah selama 282 jam.

### Reliability Sesudah Perawatan

Perhitungan ini dilakukan setelah penerapan perawatan yang telah dianalisis.

#### 1. *Crank shaft*

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R(t) = 2,718^{-0,0012(280,15)} = 0,71$$

#### 2. *Side shaft*

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R(t) = 2,718^{-0,00095(281,42)} = 0,76$$

Hasil dari perhitungan komponen *reliability* *crank shaft* sebesar 0.71 atau 71% dan komponen *side shaft* sebesar 0.76 atau 76%.

### Analisa dan Pembahasan

#### 1 Analisis Kegagalan Mesin dengan *Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA)

*Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA) dilakukan untuk mengetahui dampak apa saja yang dapat berpotensi membuat kerusakan dari produk atau proses produksi. Hasil perhitungan menggunakan FMEA untuk menentukan apa saja komponen kritis dari *Nail Making Machine* (NMM). Penentuan komponen kritis berdasarkan besarnya nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN didapatkan dari besarnya *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Komponen kritis yang diperoleh diantaranya *side shaft* dengan nilai RPN sebesar 311, *crank shaft* dengan nilai RPN sebesar 194 dan *electric motor* dengan nilai RPN sebesar 288.

#### 2 Analisis Kegagalan Mesin dengan *Logic Tree Analysis* (LTA)

Dari failure mode setiap komponen dibagi menjadi kategori A (*safety problem*), B (*outage problem*), C (*economic problem*) dan D (*hidden failure*). Untuk *failure* pelumas bearing habis, bearing longgar, beban *wire feeder* aus dan *electric motor* panas atau *overheating*. Masuk ke kategori B karena failure tersebut berpengaruh terhadap proses dan hasil produksi. Sedangkan jenis failure Sambungan lengan *crank shaft*

lepas atau patah, sambungan stang metal patah, dan sayap metal longgar masuk ke kategori D karena mode kegagalannya tersembunyi.

Setelah teridentifikasi untuk setiap kegagalannya kemudian dilakukan tahap *task selection* yang merupakan tahap terakhir dari RCM. Pemilihan tindakan dibagi menjadi 4 yaitu *Time-Directed* (TD), *Condition-Directed* (CD), *Failure-Finding* (FF), dan *Run-to-Failure* (RTF). Hasil yang didapatkan dari tahap ini adalah terdapat 2 tindakan yang terpilih yaitu *Time-Directed* (TD) untuk komponen *crank shaft* dan *side shaft* dan *Failure-Finding* (FF) untuk komponen electric motor.

### 3 Analisis Nilai MTTF dan Nilai MTTR

Setelah didapatkan pola distribusi TTF dan TTR, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan estimasi parameter dari distribusi untuk mendapatkan nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) dan MTTR (*Mean Time to Repair*). Data waktu antar kerusakan dan antar perbaikan komponen *crank shaft* dan *side shaft* adalah terdistribusi eksponensial. Pada komponen *crank shaft* waktu MTTF didapatkan selama 827 jam dan MTTR selama 2,2 jam, sedangkan pada komponen *side shaft* waktu MTTF didapatkan selama 1044 jam dan MTTR selama 1,8 jam.

### 4 Analisis Interval Perawatan

Dari hasil pengolahan data yang sudah dilakukan peneliti mencoba memberikan rekomendasi pada perusahaan dengan memakai metode RCM untuk komponen kritis. Pada komponen *crank shaft* didapatkan waktu interval perawatan selama 280 jam atau selama 28 hari kerja. Sedangkan untuk komponen *side shaft* didapatkan interval waktu perawatan komponen selama 282 jam atau 29 hari kerja. Maka setiap waktu interval yang telah ditentukan tersebut, dilakukan tindakan pengecekan secara rutin dan berkala untuk mengurangi kemacetan proses produksi serta meningkatkan keandalan mesin.

### 5 Analisis *reliability* komponen

*Reliability* atau keandalan adalah peluang mesin mesin atau komponen mesin untuk bekerja dengan sebagaimana mestinya pada waktu serta kondisi tertentu. Pada komponen kritis mesin NMM dilakukan perhitungan keandalan untuk melihat seberapa besar kinerja dari komponen. Pada penelitian ini hasil keandalan yang didapatkan pada komponen *crank shaft* adalah sebesar 0.37 atau 37% sedangkan keandalan dari komponen *side shaft* sebesar 0.37 atau 37%.

Hasil tersebut masih sangat rendah. Sehingga dilakukan perhitungan keandalan kembali setelah mendapatkan nilai interval perawatan komponen. Hasil perhitungan keandalan komponen setelah penerapan perawatan dengan menggunakan asumsi data tetap seperti data sebelumnya, didapatkan *reliability* dari komponen *crank shaft* sebesar 0.71 atau 71% dan komponen *side shaft* sebesar 0.76 atau 76%. Dapat diketahui terdapat kenaikan nilai sebesar 34% pada komponen *crank shaft* dan kenaikan nilai sebesar 39% pada komponen *side shaft*

## Rekomendasi

Berdasarkan analisis dari FMEA, LTA dan RCM maka peneliti mencoba memberikan rekomendasi tindakan perawatan yang dilakukan pada komponen kritis yang. Hasil uji menunjukkan kegiatan perawatan yang disarankan dan interval perawatan setiap komponen kritis. Pemecahan masalah *failure* pada komponen kritis mesin NMM diantaranya:

1. Pada komponen *crank shaft* dilakukan tindakan *Schedule Discard Task* dimana dilakukan tindakan pergantian komponen pada saat atau sebelum batas umur yang ditetapkan dengan interval perawatan selama 281 jam. Aktivitas tersebut dilakukan untuk terus mengontrol umur komponen serta proses produksi supaya lebih optimal.
2. Pada komponen *side shaft* dilakukan tindakan *Schedule Restoration Task* dimana perlu dilakukan tindakan perawatan secara terjadwal dengan tujuan pemulihan komponen saat atau sebelum batas umur ditetapkan dengan interval waktu selama 282 jam.



#### 4. KESIMPULAN

1. Interval perawatan komponen kritis atau komponen yang memiliki kegagalan potensial berdasarkan analisis RCM adalah komponen *crank shaft* yang mengalami kerusakan sebanyak 6 kali satu tahun dengan interval waktu perawatan selama 281 jam. Sedangkan komponen *side shaft* yang mengalami kerusakan sebanyak 4 kali dalam satu tahun dengan interval waktu perawatan selama 282 jam.
2. Aktivitas pemeliharaan yang perlu dilakukan untuk mengurangi kegagalan pada komponen *crank shaft* dengan jenis kerusakan pelumas *bearing* habis perlu dilakukan perawatan *schedule restoration task*, jenis kerusakan *bearing* longgar perlu dilakukan perawatan *schedule discard task*, dan jenis kerusakan sambungan lengan lepas atau patah perlu dilakukan *schedule discard task*. Pada komponen *side shaft* dengan jenis kerusakan sambungan stang metal patah perlu dilakukan perawatan *schedule discard task*, untuk kerusakan beban *wire feeder* aus perlu dilakukan perawatan *schedule restoration task*, dan untuk kerusakan sayap metal longgar perlu dilakukan aktivitas *schedule restoration task*.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Alijoyo, A., Wijaya, Q. B., & Jacob, I. (2020). Failure Mode Effect Analysis Analisis Modus Kegagalan dan Dampak RISK EVALUATION RISK ANALYSIS:Consequences Probability Level of Risk. *Crms*, 19. [www.lspmks.co.id](http://www.lspmks.co.id)
- B. Bloom, N. (2006). *Reliability Centered Maintenance, implementation made simple*. McGraw-Hill, Inc. <https://doi.org/10.1036/0071460691>
- Basuki, S. (2016). Analisa Dan Perancangan Sistem Total Preventive Maintenance Pada Pt. "Xyz. *Jurnal Ipsikom*, 4.
- BSI. (1984). BS 3811 Glossary of terms used in terotechnology. In *British Standards Institute* (pp. 1–54). <https://bayanbox.ir/view/8568716429802140264/BS-3811-1984-Glossary-of-maintenance-management-terms-in-terotechnology.pdf>
- Cahyadi, B., & Safitri, I. W. (2018). Upaya Peningkatan Nilai Overall Equipment Effectiveness Pada Mesin Wolf 8 9 Divisi Powder Dry Blend & Packing Process .*Prosiding Seminar Rekayasa ...*,641–648. [http://teknik.univpancasila.ac.id/semrestek/2018/assets/proceedings/sm/SEMR ESTEK2018\\_paper\\_100.pdf](http://teknik.univpancasila.ac.id/semrestek/2018/assets/proceedings/sm/SEMR ESTEK2018_paper_100.pdf)
- Corder, A. (1988). *Teknik Manajemen Pemeliharaan* (K. Hadi & A. Sempurno (eds.)).Penerbit Erlangga.
- Didik Wahjudi, & Amelia Amelia. (2000). Analisa Penjadwalan Dan Biaya Perawatan Mesin Press Untuk Pembentukan Kampas Rem. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1), 50–61. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/15919>
- Fauziyyah, A., kunci, K., Perawatan, M., Perawatan Repair, K., & Perawatan Preventif, K. (2015). Analisis Perhitungan Biaya Perawatan Sebagai Dasar Evaluasi Penggantian Mesin Ctm (Continuous Tandem Cold Mill) Pada Divisi Cold Rolling Mill Pt. Krakatau Steel. *Jurnal Universitas Diponegoro*, 1–7. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/7944>
- Hidayah, N. Y., & Ahmadi, N. (2017). Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 16(2), 167. <https://doi.org/10.25077/josi.v16.n2.p167-176.2017>
- Kurniawati, D. A., & Muzaki, M. L. (2017). Analisis Perawatan Mesin dengan Pendekatan RCM dan MVSM. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 16(2), 89. <https://doi.org/10.25077/josi.v16.n2.p89-105.2017>
- Muharrami Firman, F. (2022). Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Sistem Mesin Boiler (Studi Kasus: Pt San Dumai). *Jurnal UIN Suska Riau*.
- Ngadiyono, Y. (2010). Pemeliharaan Mekanik Industri. *Pendidikan Profesi Guru Jurusan Teknik Mesin*, 1–112.

- Roudhatotul Haririn, S. W. (2019). Perencanaan Perawatan Sebagai Pengoptimalan Biaya Down Time Pada Mesin Flying Shear Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di Pt. Hanil Jaya Steel. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*,8(1).
- Saraswati, S. D., & Nuryamin, Y. (2019). *Sistem Informasi " Maintenance A C " Berbasis Web Pada PT . Unggul Bayu Pratama Jakarta*. 6(3), 222–226.
- Srirahayu, E., & Saleh, H. M. (2021). Analisis Biaya Pemeliharaan Peralatan Produksi Pada Pabrik Tahu Super Afifah Di Kota Palu. *Jurnal Ilmu Manajemen Universitas Tadulako (JIMUT)*,7(2),097–106.  
<https://doi.org/10.22487/jimut.v7i2.228>
- Suharto, I. (1991). *Manajemen Perawatan Mesin*. Rineka Cipta.
- Sutarto, Kaharudin, Mubin, N., & Suryadi, D. (2020). No Title. *Jurnal Pengembangan Wiraswasta*, 22.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33370/jpw.v22i3.488>
- Wulandari, R. R., Pasyah, A. C., Suhartini, & Riadhy, M. S. (2019). Optimalisasi Kemampuan ABK dalam Perawatan Wire Rope Lifeboat Di Atas Kapal MT. New Winner. *Jurnal STIP Jakarta*, 1.