

## Usulan Penjadwalan Perawatan dan Perancangan *Standard Operating Procedure* (SOP)

Elza Najati\*, Puti Renosori, Nita P.A Hidayat

Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*elzanajati59@gmail.com

**Abstract.** PT. Pabrik Mesin Teha is a company engaged in the manufacturing industry. The company's inability to complete production according to the specified due date causes problems for the company. In general, component damage is the cause of delays in order fulfillment. Total downtime for CNC 1, CNC 2, CNC 3, and CNC 4 for the period January 2017 to February 2020 was 633,50 hours. Components that are often damaged are bearings, hoses and exhaust fans. The cause of the damage is because the company only makes repairs in case of damage (corrective maintenance) so that no routine maintenance and repair processes are carried out and the absence of standards or rules that support the procedures for maintaining and maintaining machines. The Reliability Availability and Maintainability (RAM) method was chosen to minimize downtime that occurs on the machine and can obtain optimal machine availability by using and designing Standard Operational Procedures (SOP) regarding procedures for maintaining and maintaining machines. Based on the results of data processing, after calculating the CNC machine 2 has the smallest machine reliability value of 57.135%. The CNC 4 machine has the smallest system availability value, which is 99.542%. The three alternatives for selecting the total maintenance cost consist of separate maintenance, joint maintenance with the smallest component interval and joint maintenance at certain component intervals. After calculating, selected from the three alternatives based on the smallest total maintenance costs for CNC 1, CNC 2, CNC 3 and CNC 4 machines, the first alternative is maintenance that is carried out separately or based on the interval of each component. The proposed standard operating procedure (SOP) design is made as a reference in carrying out engine component replacement activities.

**Keywords:** Reliability Availability and Maintainability (RAM).

**Abstrak.** PT. Pabrik Mesin Teha merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri manufaktur. Ketidakmampuan perusahaan untuk menyelesaikan produksi sesuai due date yang telah ditentukan mengakibatkan masalah bagi perusahaan. Secara umum kerusakan komponen menjadi penyebab keterlambatan pemenuhan order. Total downtime untuk CNC 1, CNC 2, CNC 3, dan CNC 4 periode Januari 2017 hingga Februari 2020 sebesar 633,50 jam. Komponen yang sering mengalami kerusakan yaitu bearing, selang dan exhaust fan. Penyebab terjadinya kerusakan dikarenakan perusahaan hanya melakukan perbaikan jika terjadi kerusakan (corrective maintenance) sehingga tidak dilakukan proses perawatan dan perbaikan secara rutin serta tidak adanya standar atau aturan yang mendukung mengenai tata cara melakukan perawatan dan pemeliharaan pada mesin. Metode Reliability Availability dan Maintainability (RAM) dipilih untuk meminimalisir waktu downtime yang terjadi pada mesin dan dapat memperoleh availability mesin optimal dengan menggunakan serta melakukan perancangan Standard Operational Procedure (SOP) mengenai tata cara melakukan perawatan dan pemeliharaan pada mesin. Berdasarkan hasil pengolahan data, setelah dilakukan perhitungan mesin CNC 2 memiliki nilai keandalan secara sistem terkecil yaitu 57,135%. Mesin CNC 4 memiliki nilai ketersediaan secara sistem terkecil yaitu 99,542%. Tiga alternatif untuk pemilihan total biaya pemeliharaan terdiri atas pemeliharaan terpisah, pemeliharaan bersama dengan interval komponen terkecil dan

pemeliharaan bersama pada interval komponen tertentu. Setelah dilakukan perhitungan, terpilih dari ketiga alternatif berdasarkan total biaya pemeliharaan terkecil untuk mesin CNC 1, CNC 2, CNC 3 dan CNC 4 adalah alternatif pertama yaitu pemeliharaan yang dilakukan secara terpisah atau berdasarkan interval komponen masing-masing. Usulan perancangan *standard operating procedure* (SOP) dibuat sebagai acuan dalam melakukan aktivitas penggantian komponen mesin.

**Kata Kunci: Reliability Availability dan Maintainability (RAM).**

## 1. Pendahuluan

PT. Pabrik Mesin Teha merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur. PT. Pabrik Mesin Teha berlokasi di Jl. Arjuna No. 29, Ciroyom, Andir, Kota Bandung, Jawa Barat. Dengan dukungan teknisi yang handal serta berpengalaman, PT. Pabrik Mesin Teha telah memproduksi berbagai jenis mesin diantaranya adalah boiler, conveyor, tanki, bejana bertekanan, jig, dan dies. PT. Pabrik Mesin Teha dalam memenuhi kebutuhan konsumen menggunakan strategi *Make To Order* dan *Engineering To Order*. PT. Pabrik Mesin Teha dalam melakukan produksinya menggunakan mesin manual dan mesin CNC.

Kelancaran proses produksi dapat dilihat dari *due date*. Melalui hasil wawancara dan pengamatan, teridentifikasi bahwa sering terjadi keterlambatan pemenuhan order. Terdapat selisih antara *due date* yang telah disepakati diawal dengan waktu penyelesaian order. Hal ini menyebabkan waktu pengiriman menjadi terlambat. Ketidakmampuan perusahaan untuk menyelesaikan produksi sesuai *due date* yang telah ditentukan mengakibatkan masalah bagi perusahaan. Masalah yang terjadi di PT. Pabrik Mesin Teha yaitu adanya kerusakan pada komponen mesin CNC yang menyebabkan *downtime*. Lamanya waktu mesin tidak dapat dijalankan atau lamanya waktu menganggur untuk beroperasi sesuai yang diharapkan merupakan pengertian dari *downtime* (Picknell dan Sifonte, 2017). Berikut merupakan data rekapitulasi kerusakan yang ada di mesin CNC pada PT. Pabrik Mesin Teha pada periode Januari 2017 hingga Februari 2020 ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Kerusakan Mesin CNC

No	Jenis Mesin	Frekuensi Kerusakan	Total Downtime
1	CNC 1	24	117,25
2	CNC 2	18	153,00
3	CNC 3	22	128,75
4	CNC 4	25	230,50
Total			629,50

Sumber : PT. Pabrik Mesin Teha

Kerusakan yang terjadi pada mesin CNC menyebabkan mesin mati sehingga tidak dapat digunakan dan mengganggu jalannya proses produksi. Perusahaan telah memiliki *availability* mesin yang tinggi untuk mesin CNC. Penyebab terjadinya kerusakan dikarenakan perusahaan hanya melakukan perbaikan pada saat terjadi kerusakan (*corrective maintenance*) sehingga tidak dilakukan proses perawatan dan perbaikan secara rutin serta tidak adanya standar atau aturan yang mendukung mengenai tata cara melakukan perawatan dan pemeliharaan pada mesin. *Downtime* berakibat pada penurunan tingkat *availability*. Ketersediaan (*availability*) mesin dipengaruhi oleh tingkat keandalan (*reliability*) dan kemampuan pemeliharaan (*maintainability*) (Stapelberg, 2009). Hubungan antara *availability* dengan *reliability* dan *maintainability* berkaitan dengan variabel ukuran waktu yaitu *Mean time to failure* (MTTF) dan *Mean time to repair* (MTTR). Nilai MTTF menunjukkan kebutuhan interval pemeliharaan. Maka diusulkan untuk membuat penjadwalan untuk *preventive maintenance*. Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat ditentukan rumusan masalah dan tujuan penelitian sebagai berikut:

Rumusan masalah:

Mengacu pada uraian latar belakang, diketahui bahwa masalah kerusakan pada mesin

CNC menyebabkan *downtime*. *Downtime* yang tinggi pada mesin CNC menyebabkan *availabilty* mesin menjadi rendah. Tingkat *availabilty* rendah menyebabkan proses produksi terhambat dan keterlambatan dalam menyelesaikan pesanan yang sudah dijadwalkan sesuai waktu selesai produksi. *Downtime* yang tinggi harus diminimalkan dan *availability* mesin CNC ditingkatkan. Maka dari itu, masalah yang dibahas pada penelitian ini yaitu usulan perbaikan sistem pemeliharaan untuk mengurangi *downtime* di PT. Pabrik Mesin Teha menggunakan multikriteria yang terdiri atas *Reliability*, *Availability* dan *Maintainability* (RAM) serta melakukan perancangan *Standard Operating Procedure* (SOP).

Tujuan penelitian:

1. Melakukan evaluasi kinerja mesin kondisi saat ini menggunakan multikriteria yang terdiri atas keandalan (*reliability*), ketersediaan (*availability*), dan kemampuan pemeliharaan (*maintainability*).
2. Menentukan jadwal perawatan yang bertujuan untuk mengurangi *downtime*.
3. Pembuatan *Standard Operating Procedure* (SOP) untuk merancang aturan mengenai tata cara melakukan perawatan dan pemeliharaan pada mesin CNC.

## 2. Metodologi

Manajemen operasi merupakan rangkaian aktifitas yang menghasilkan nilai dalam bentuk barang dan jasa dengan mengubah input menjadi output (Heizer dan Render, 2009). Pemeliharaan yaitu rangkaian aktifitas yang dimaksudkan untuk menjaga serta memelihara fasilitas atau peralatan yang digunakan serta melakukan perbaikan untuk menjaga sistem agar segala kegiatan berjalan dengan sesuai yang diinginkan (Heizer dan Render, 2009).

Department of Deffense United States of America (2005) menyatakan metode RAM (*Reliability*, *Availability*, dan *Maintainability*) adalah strategi pendekatan untuk mengintegrasikan *reliability*, *availability* dan *maintainability* untuk mengidentifikasi dan mengukur kerusakan mesin. Perhitungan nilai kriteria pada RAM harus dilakukan pada tingkat terkecil (komponen). RAM dianggap sebagai metode yang paling signifikan untuk peningkatan profitabilitas. *Standard Operating Procedure* (SOP) atau biasa diartikan sebagai (PSO) Prosedur Standar Operasi merupakan suatu prosedur yang diatur untuk memudahkan, menata, serta membenahi pekerjaan (Ekotama, 2015).

## 3. Pembahasan dan Diskusi

Tabel berikut menunjukkan kerusakan yang terjadi pada komponen mesin CNC periode Januari 2017 hingga Februari 2020.

**Tabel 2.** Penyebab Kerusakan Mesin CNC

No.	Jenis Mesin	Komponen	Frekuensi
1	CNC 1	Bearing	8
		Exhaust Fan	4
		Pompa Hidrolik	1
		Selang	8
		Sensor	1
		Sliding	2
2	CNC 2	Baterai	1
		Bearing	7
		Pompa Hidrolik	1
		Power Supply	1
		Exhaust Fan	3
		Selang	6
3	CNC 3	Bearing	9
		Exhaust Fan	3
		Nozzle	1
		Pompa Hidrolik	2
		Selang	6
		Sliding	1
4	CNC 4	Bearing	9
		Exhaust Fan	5
		Selang	7
		Sliding	1
		Parameter	2
		Pompa Hidrolik	1

Berikut merupakan contoh perhitungan TTF dan TTR untuk komponen bearing mesin CNC 1.

$$\begin{aligned} \text{TTF}_1 &= (F_2 - U_1) \times \text{jam kerja} \\ &= (2 \text{ September 2017} - 20 \text{ Februari 2017}) \times 15,5 \text{ jam} = 2371,5 \text{ jam} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) komponen bearing ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** TTF dan TTR CNC 1 bearing

I	TTF (jam)	TTR (jam)
0	0	5,5
1	2371,5	5
2	1798	6,25
3	1503,5	6,5
4	2092,5	5,5
5	2108	7
6	1891	5
7	1875,5	6,5

Setelah dilakukan perhitungan distribusi yang terpilih yaitu distribusi weibull. Berikut merupakan contoh perhitungan *index of fit* untuk TTF komponen bearing distribusi weibull.

$$\begin{aligned} t_1 &= \text{TTF} = 1503,5 \\ x_i &= \ln t_i = \ln (1035,5) = 7,32 \\ F(t_i) &= \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{7+0,4} = 0,095 \\ y_i &= \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-0,095} \right) \right] = -2,3089 \end{aligned}$$

Nilai index of fit (r)

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} = 0,9799$$

Melalui perhitungan *least square* diperoleh *index of fit* dari masing-masing komponen. Hal ini menunjukkan data TTF dan TTR memiliki karakteristik distribusi terpilih. Hasil perhitungan *index of fit* pada masing-masing komponen direkapitulasi pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Rekapitulasi *Least Square* TTF dan TTR Tiap Mesin

Mesin	Komponen	Variabel	<i>Index of Fit</i> pada Distribusi			
			Eksponensial	Weibull	Normal	Lognormal
CNC 1	Bearing	TTF	0,93427	0,97986	0,97965	0,97372
		TTR	0,91186	0,97121	0,97129	0,96818
	Exhaust Fan	TTF	0,86409	0,96125	0,94013	0,93516
		TTR	0,76273	0,90440	0,86603	0,86603
Selang	TTF	0,95591	0,99326	0,99268	0,97722	
	TTR	0,99679	0,99918	0,99996	0,99728	
CNC 2	Bearing	TTF	0,94169	0,95161	0,95917	0,95640
		TTR	0,98185	0,93643	0,96328	0,96837
	Selang	TTF	0,96658	0,98032	0,98301	0,96488
		TTR	0,97309	0,96851	0,97727	0,98036
CNC 3	Selang	TTF	0,87078	0,98422	0,96500	0,97669
		TTR	0,93177	0,83077	0,88095	0,87889
	Bearing	TTF	0,95718	0,96613	0,96359	0,95861
		TTR	0,97940	0,87306	0,90980	0,92809
CNC 4	Bearing	TTF	0,98565	0,97205	0,97927	0,99205
		TTR	0,90991	0,99063	0,98461	0,97689
	Exhaust Fan	TTF	0,91363	0,95780	0,96134	0,93392
		TTR	0,99787	0,97639	0,98495	0,99375
	Selang	TTF	0,95394	0,95201	0,96663	0,94944
		TTR	0,93542	0,98374	0,98428	0,97928

Distribusi terpilih dari data TTF dan data TTR komponen bearing adalah distribusi Weibull. Distribusi Weibull dipengaruhi oleh parameter bentuk ( $\beta$ ) dan parameter skala ( $\theta$ ).

## 1. Mean Time To Failure (MTTF)

Perhitungan pada distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$$\beta = b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} = 7,307$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = -55,791$$

$$\theta = e^{-\left(\frac{a}{\beta}\right)} = 2070,585$$

$$MTTF = 2070,585\gamma\left(1 + \frac{1}{7,307}\right)$$

$$MTTF = 2070,585\gamma(1,14)$$

$$MTTF = (2070,585)(0,93642) \rightarrow \text{diperoleh dari Tabel Gamma}$$

$$MTTF = 1938,937 \text{ jam}$$

## 2. Mean Time To Repair (MTTR)

Perhitungan pada distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$$\beta = b$$

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} = 8,712$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$a = -16,117$$

$$\theta = e^{-\left(\frac{a}{\beta}\right)} = 6,359$$

$$MTTR = 6,359\gamma\left(1 + \frac{1}{8,712}\right)$$

$$MTTR = 6,359\gamma(1,11)$$

$$MTTR = (6,359)(0,9474) \rightarrow \text{diperoleh dari Tabel Gamma}$$

$$MTTR = 6,025 \text{ jam}$$

Tabel di bawah merupakan hasil perhitungan MTTF dan MTTR untuk masing-masing komponen pada mesin CNC.

**Tabel 5.** Rekapitulasi MTTF dan MTTR tiap mesin

Mesin	Komponen	Parameter MTTF	MTTF (jam)	Parameter MTTR	MTTR (jam)
CNC 1	Bearing	$\beta = 7,307$ $\theta = 2070,585$	1938,937	$\beta = 8,712$ $\theta = 6,359$	6,025
	Exhaust Fan	$\beta = 8,957$ $\theta = 3690,370$	3496,282	$\beta = 14,36$ $\theta = 2,49$	2,264
	Selang	$\beta = 2,733$ $\theta = 2014,618$	1791,620	$\beta = 1,62$ $\theta = 5,0$	4,487
CNC 2	Bearing	$\beta = 1,606$ $\theta = 2426,823$	2174,239	$\beta = 5,46$ $\theta = 5,887$	5,438
	Selang	$\beta = 2,119$ $\theta = 2637,449$	2336,648	$\beta = 6,55$ $\theta = 3,95$	3,686
CNC 3	Selang	$\beta = 3,169$ $\theta = 1995,106$	2700,000	$\beta = 8,732$ $\theta = 7,187$	3,844
	Bearing	$\beta = 1,913$ $\theta = 2405,65$	1784,902	$\beta = 6,97$ $\theta = 4,1$	6,809
CNC 4	Bearing	$\beta = 3,82$ $\theta = 1812,432$	1639,164	$\beta = 6,94$ $\theta = 6,33$	5,926
	Exhaust Fan	$\beta = 2,325$ $\theta = 2490,715$	2207,671	$\beta = 5,72$ $\theta = 2,62$	2,428
	Selang	$\beta = 1,757$ $\theta = 1990,309$	1772,351	$\beta = 6,15$ $\theta = 4,288$	4,059

Berdasarkan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) komponen *bearing* dipengaruhi oleh parameter bentuk ( $\beta$ ) dan parameter skala ( $\theta$ ). Oleh karena itu, diperoleh tingkat *reliability* komponen *bearing* dengan menggunakan Persamaan berikut.

$$R_{(1938,937)} = e^{-\left(\frac{1938,937}{2070,585}\right)^{7,307}} = 0,539 = 53,9\%$$

$$M_{(6,025)} = 1 - e^{-\left(\frac{6,025}{6,359}\right)^{8,712}} = 0,464 = 46,4\%$$

Rata-rata waktu kerusakan apabila preventive maintenance dilakukan berdasarkan interval pemeliharaan menggunakan Persamaan berikut.

$$M_{(1938,937)} = \frac{MTTF}{1-R(t)} = \frac{1938,937}{1-0,539} = 4202,243$$

$$D_{(1938,937)} = \frac{(6,04 \times 0,539) + 6,025 \times (1-0,539)}{(1938,937 + 6,04) \times 0,539 + (4202,243 + 6,025)(1-0,539)} = 0,002$$

$$A_{(1938,937)} = 1 - 0,002 = 0,998$$

Tabel 6 merupakan rekapitulasi hasil perhitungan tingkat *reliability*, *maintainability*, dan *availability* dari komponen mesin CNC.

**Tabel 6.** Rekapitulasi *reliability*, *availability*, dan *maintainability*

Mesin	Komponen	<i>Reliability</i> (%)	<i>Maintainability</i> (%)	<i>Availability</i> (%)
CNC 1	<i>Bearing</i>	53,86%	46,45%	99,80%
	<i>Exhaust Fan</i>	53,99%	57,54%	99,96%
	Selang	48,40%	56,72%	99,84%
CNC 2	<i>Bearing</i>	43,25%	47,23%	99,83%
	Selang	46,13%	47,01%	99,89%
CNC 3	Selang	45,15%	46,88%	99,88%
	<i>Bearing</i>	49,53%	46,41%	99,75%
CNC 4	<i>Bearing</i>	50,60%	46,95%	99,76%
	<i>Exhaust Fan</i>	46,98%	47,64%	99,93%
	Selang	44,24%	38,83%	99,84%

Dilihat pada Tabel 7 komponen *bearing* mesin CNC 2 memiliki tingkat *reliability* yang paling rendah meskipun tingkat *maintainability* sebesar 43,25% sehingga menyebabkan tingkat *availability* komponen ini paling rendah.

**Tabel 7.** Rekapitulasi *reliability*, *availability*, dan *maintainability* usulan

Mesin	Komponen	t (jam)	<i>Reliability</i> (%)	<i>Maintainability</i> (%)	<i>Availability</i> (%)
CNC 1	<i>Bearing</i>	1580	87,05%	46,45%	99,818%
	<i>Exhaust Fan</i>	2940	87,76%	22,29%	99,961%
	Selang	1330	72,51%	56,72%	99,84%
CNC 2	<i>Bearing</i>	1810	53,56%	47,23%	99,827%
	Selang	1900	60,71%	47,01%	99,894%
CNC 3	Selang	2000	63,90%	46,88%	99,899%
	<i>Bearing</i>	1340	75,33%	46,41%	99,766%
CNC 4	<i>Bearing</i>	1278	76,85%	46,95%	99,77%
	<i>Exhaust Fan</i>	1747	76,95%	47,64%	99,926%
	Selang	1498	54,50%	38,83%	99,841%

Dilihat pada Tabel 5 komponen *bearing* mesin CNC 3 memiliki tingkat *reliability* yang sebesar 75,33% meskipun tingkat *maintainability* sebesar 46,41% sehingga menyebabkan tingkat *availability* komponen ini paling rendah.

Tabel di bawah merupakan hasil rekapitulasi perhitungan *reliability* sistem dan *availability* sistem usulan.

**Tabel 8.** *Reliability dan Availability Sistem Usulan*

Mesin	<i>Reliability</i> Sistem Usulan (%)	<i>Availability</i> Sistem Usulan (%)
CNC 1	55,40%	99,624%
CNC 2	32,516%	99,721%
CNC 3	48,581%	99,665%
CNC 4	32,233%	99,542%

Adapun persamaan yang digunakan untuk melakukan perhitungan total *cost* sebagai berikut (Soesetyo dan Bendatu, 2014):

1. Failure cost:

$$C_f = \{(\text{Biaya Teknisi} + \text{Biaya Production Loss Pemeliharaan}) \times T_f\} + \text{Biaya Komponen}$$

2. Preventive cost:

$$C_p = \{(\text{Biaya Teknisi} + \text{Biaya Production Loss Pemeliharaan}) \times T_p\} + \text{Biaya Komponen}$$

dengan:

$$C_f = \text{biaya siklus failure}$$

$$T_f = \text{nilai MTTR}$$

$$C_p = \text{biaya siklus preventive}$$

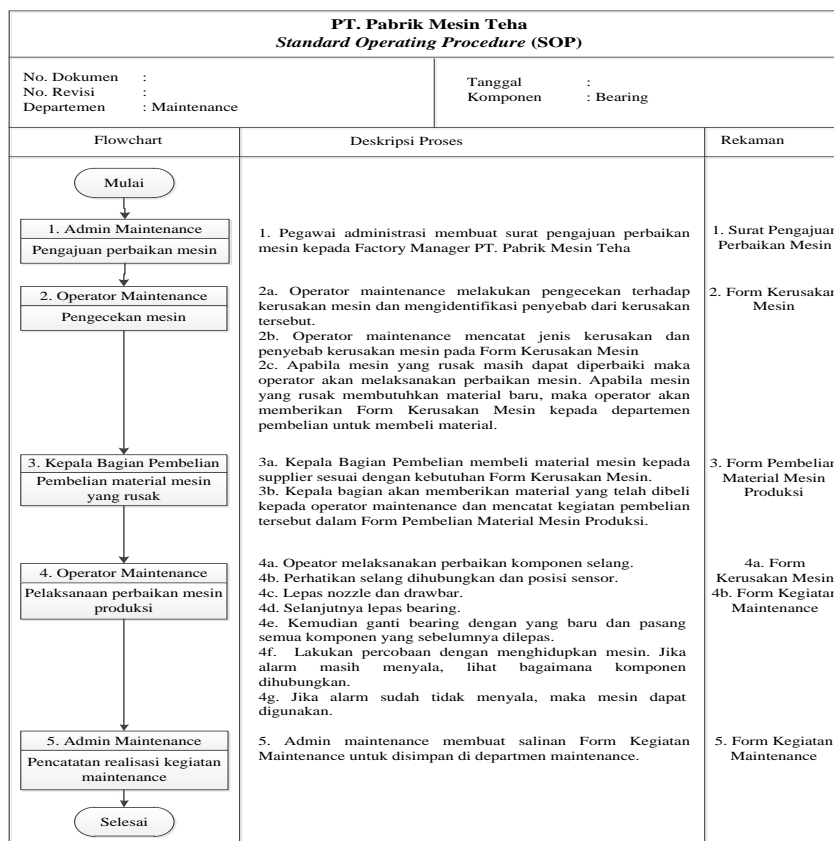
$$T_p = \text{waktu pemeliharaan}$$

Tabel di bawah merupakan hasil perhitungan biaya sebelum dilakukan *preventive* dan setelah dilakukan *preventive* usulan skenario yang dipilih yaitu pemeliharaan secara terpisah.

**Tabel 9.** Hasil Perhitungan Biaya Sebelum dan Setelah *Preventive*

Mesin	Sebelum <i>Preventive</i>	Setelah <i>Preventive</i>
	Tc (Rp)	Tc (Rp)
CNC 1	74.044.533	61.277.200
CNC 2	53.160.301	46.906.400
CNC 3	63.787.522	59.612.400
CNC 4	85.069.464	80.753.800

Berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi dengan perusahaan, sebelumnya PT. Pabrik Mesin Teha tidak memiliki *standard operating procedure* (SOP) secara tertulis mengenai proses pemeliharaan dan pergantian untuk mesin CNC. Terdapat beberapa aktivitas yang ditambahkan pada SOP tersebut yang sebelumnya tidak ada atau tidak dilakukan pencatatan dalam pelaksanaan perbaikan dan pergantian komponen mesin CNC. Berikut merupakan usulan rancangan *standard operating procedure* untuk komponen *bearing*.



**Gambar 1.** Standard Operating Procedure (SOP) komponen bearing

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Berdasarkan perhitungan nilai MTTF pada kondisi existing dengan tingkat reliability, availability, dan maintainability masing-masing komponen tiap mesin, yaitu mesin CNC 2 komponen bearing memiliki nilai MTTF sebesar 2174,239 jam, reliability 43,25%, availability 99,825% dan maintainability 47,23%. Komponen exhaust fan memiliki nilai MTTF sebesar 3496,282 jam, reliability 53,99%, availability 99,956% dan maintainability 22,29%.
2. Hasil usulan interval pemeliharaan dari masing-masing komponen setiap mesin, yaitu mesin CNC 2 komponen bearing memiliki reliability terendah sebesar 53,56%, dilakukan pada interval 1810 jam, dan availability 99,827%. Mesin CNC 1 komponen exhaust fan dilakukan pada interval 2940 jam, memiliki nilai reliability terbesar sebesar 87,76%, dan availability 99,961%.
3. Pemeliharaan yang terpilih dari ketiga alternatif berdasarkan total biaya pemeliharaan terkecil untuk mesin CNC 1, CNC 2, CNC 3 dan CNC 4 adalah alternatif pertama yaitu pemeliharaan yang dilakukan secara terpisah atau berdasarkan interval komponen masing-masing.
4. Usulan rancangan standard operating procedure (SOP) yang diberikan kepada perusahaan yaitu agar perusahaan memiliki acuan dan memudahkan operator maintenance dalam melakukan aktivitas perbaikan dan pergantian komponen mesin.

#### Acknowledge

Dengan mengucapkan Alhamdulillah rabbil'alamin atas izin Allah SWT, saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Industri pada



Fakultas Teknik Universitas Islam Bandung. Banyak sekali bantuan dan bimbingan yang diperoleh dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga, pihak perusahaan, dosen pembimbing dan penguji, serta teman-teman semuanya.

### Daftar Pustaka

- [1] Dhillon, B.S., 2002. *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. Florida: CRC Press.
- [2] Department of Defense United States of America, 2005. *DoD Guide for Achieving Reliability, Availability, and Maintainability: System Engineering for Mission Success*. [pdf] Tersedia pada: <[https://www.barringer1.com/mil\\_files/DoD\\_RAM\\_Guide\\_080305.pdf](https://www.barringer1.com/mil_files/DoD_RAM_Guide_080305.pdf)> [Diakses 5 Agustus 2020]
- [3] Ekotama, S. 2015. *Pedoman Mudah Menyusun SOP*. Yogyakarta: MedPress.
- [4] Heizer, J., dan Render, B., 2009. *Manajemen Operasi*. Edisi Sembilan. Buku Satu. Diterjemahkan oleh Chriswan Sungkono. Jakarta: Salemba Empat.
- [5] Soesetyo, I., dan Bendatu, L. Y., 2014. *Penjadwalan Predictive Maintenance dan Biaya Perawatan Mesin Pallet Di PT. Charoen Pokphand Indonesia – Sepanjang*, *Jurnal Titra*, [online] Vol 2, No. 2. Tersedia pada: <<http://publication.petra.ac.id/index.php/teknikindustri/article/view/2352>> [Diakses 21 Mei 2021]
- [6] Stapelberg, R.F., 2009. *Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and Safety in Engineering Design*. Queensland: Springer.
- [7] Picknell, J.V.R., dan Sifonte, J.R., 2017. *Reliability Centered Maintenance Reengineered: Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R*. New York: CRC Press.
- [8] Pradana, Y., Zentrato, R.R.P., dan Wicaksana, B.I.A., 2019. *Penerapan Konsep Total Productive Maintenance pada Mesin Automatic Bottle Filling (Studi Kasus: PT. Guwatirta Sejahtera)*. [pdf] Tersedia pada: <[repository.setiabudi.ac.id/](http://repository.setiabudi.ac.id/)> [Diakses pada 25 September 2020]
- [9] Rahmawati, D.N., Ya'umar, dan Ilyas, M.H.S., 2013. *Evaluasi Reliability dan Safety pada Sistem Pengendalian Level Syn Gas 2ND Interstage Separator Di PT. Petrokimia Gresik*. [pdf] Tersedia pada: <<http://ejurnal.its.ac.id/>> [Diakses pada 25 September 2020]
- [10] Salimatusadiah Shifa, As'ad Nur Rahman, Renosori Putri. (2021). *Perancangan Fasilitas Kerja pada Operator Pemasangan Accesories di CV. X untuk Mengurangi Risiko Musculoskeletal Disorders (MSDs)*. *Jurnal Riset Teknik Industri*, 1(1), 28-35.