

## Penentuan Jadwal Perawatan Pada Billet Reheating Furnace di PT X Dengan Metode RCM II

Muhammad Arus Samudro\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Madura

e-mail: \*<sup>1</sup>[arus.samudro@poltera.ac.id](mailto:arus.samudro@poltera.ac.id)

### Abstrak

*PT.X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufacturing yaitu perusahaan peleburan baja. Bahan baku utama yang diolah dalam peleburan yang berbahan dasar besi-besi tua (scrap) dan beberapa bahan campuran tambahan lainnya. Proses peleburan dilakukan pada stell melting shop (SMS) menggunakan alat EAF (Electrical Arc Furnace) yang menghasilkan bahan setengah jadi yaitu billet. Billet yang sudah jadi kemudian dipanaskan ulang pada billet reheating furnace (BRF) yang akan di roll pada rolling mill plant (RML) yang akan menghasilkan wire rod. BRF memiliki tiga zone yaitu pre heating, heating, dan soaking dengan suhu yang berbeda – beda. Dalam satu jam BRF dapat memproduksi 36 billet. Penelitian ini menggunakan failure modes and effect analysis (FMEA) dalam mengidentifikasi bentuk kegagalan dan efek kegagalan dari komponen utama BRF. Kemudian dalam pemilihan jadwal perawatan yang optimal menggunakan reliability centered maintenance (RCM II). Analisa kuantitatif akan dimasukkan dalam penentuan interval waktu perawatan optimal dengan memperhatikan biaya perawatan (CM) serta biaya kerusakan (CR). Dari hasil perhitungan diketahui bahwa ada 6 komponen dari BRF yang memiliki jadwal perawatan yang harus dilakukan sebelum mengalami kerusakan yaitu sprocket aus = 4384,7720 jam, Poros Hidrolis patah = 724,6993 jam, Poros hidrolis pendorong billet bengkok = 663,6685 jam, Mengganti safety valve PGN = 551,7647 jam, Ducting pipe berlubang = 995,4881 jam, dan arm bengkok = 725,0752 jam*

**Kata kunci**—FMEA (failure modes and effect analysis), RCM II (reliability center maintenance), interval perawatan

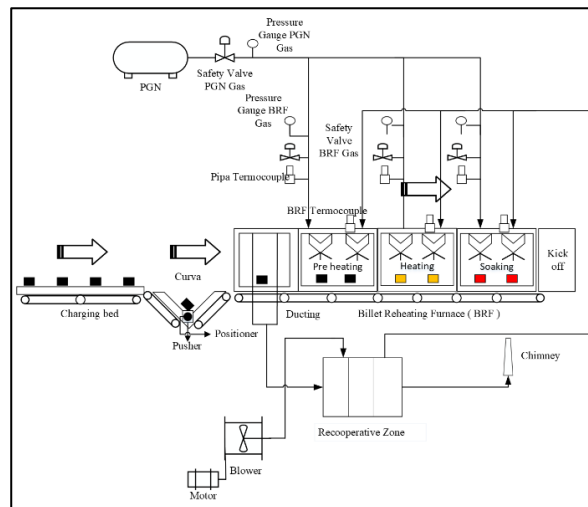
### Abstract

*PT.X is a company engaged in the manufacturing sector, namely a steel smelting company. The main raw materials processed in the smelting are made from scrap iron and several other additives. The smelting process is carried out in a steel melting shop (SMS) using an EAF (Electrical Arc Furnace) which produces semi-finished materials, namely billets. The finished billet is then reheated in the billet reheating furnace (BRF) which will be rolled at the rolling mill plant (RML) which will produce wire rod. BRF has three zones, namely pre heating, heating, and soaking with different temperatures. In one hour BRF can produce 36 billets. This study uses failure modes and effect analysis (FMEA) to identify the failure modes and failure effects of the main components of the BRF. Then in selecting the optimal maintenance schedule using reliability centered maintenance (RCM II). Quantitative analysis will be included in determining the optimal maintenance time interval by taking into account maintenance costs (CM) and damage costs (CR). From the calculation results it is known that there are 6 components of the BRF which have a maintenance schedule that must be carried out before they are damaged, namely worn sprocket = 4384.7720 hours, broken hydraulic shaft = 724.6993 hours, bent billet driving hydraulic shaft = 663.6685 hours, replacing PGN safety valve = 551.7647 hours, perforated duct pipe = 995.4881 hours, and bent arm = 725.0752 hours*

**Keywords**—FMEA (failure modes and effect analysis), RCM II (reliability center maintenance), maintenance interval

## PENDAHULUAN

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri baja, perusahaan ini dirancang dengan kapasitas produksi tahunan melampaui 650.000 ton. Terdapat 2 *plant* dalam proses produksi yaitu *stell melting shop* ( SMS ), dan *rolling mil* ( RM ). Billet reheating furnace (BRF)) merupakan bagian penting yang ada pada PT. X untuk memanaskan kembali billet sebelum dimasukkan ke dalam mesin roll untuk dijadikan sebuah wire rod. Di dalam BRF terdapat tiga burner yaitu burner pada pre heating dengan suhu 1030° C, burner pada heating dengan suhu 1130°C, dan burner pada soaking dengan suhu 1220°C. Permasalahan yang sedang dialami oleh PT. X adalah kinerja sumber daya manusia yang kurang efektif dalam melakukan perawatan, karena kurang adanya perencanaan dalam melakukan perawatan. Dengan tidak adanya perawatan yang baik, jika terjadi suatu kecelakaan ataupun kerusakan peralatan akan berpotensi menyebabkan kebakaran dan peledakan. Selain memiliki potensi bahaya yang tinggi, BRF memiliki peran yang penting bagi perusahaan yaitu sebagai tempat awal masuk bahan baku sebelum dijadikan wire rod, sehingga bila terjadi suatu kerusakan atau berhenti beroperasi maka produksi PT. X akan berhenti yang akan menyebabkan kerugian dari segi financial. Maka perlu upaya untuk membuat dan menyusun kegiatan perawatan yang memperhatikan tindakan perawatan yang tepat dan interval. perawatan yang mengacu pada keselamatan kerja, lingkungan dan operasional. Oleh karena pentingnya fungsi dan besarnya resiko yang ditimbulkan dari BRF maka dilakukan kajian penelitian untuk mempertahankan fungsi BRF dengan cara mengidentifikasi bentuk kegagalan yang ada, kemudian dapat digunakan untuk menentukan kegiatan perawatan yang optimal dengan metode *Reability Centered Maintenance II* ( RCM II ) untuk menjaga keandalan dari sistem tersebut.



Gambar 1. Billet Reheating furnace (BRF)

Tabel 1. Fungsi Peralatan BRF

No.	Komponen	Fungsi
1	<i>Charging bed</i>	Sebagai tempat untuk menampung <i>billet</i> dari <i>over head crane</i> dan membawa <i>billet</i> untuk dikirim ke <i>curva</i> .
2	<i>Curva</i>	Sebagai tempat jatuhnya <i>billet</i> yang berfungsi untuk membersihkan kerak dan kotoran yang ada pada <i>billet</i> .
3	<i>Pusher</i>	Sebagai alat untuk mendorong <i>billet</i> jika <i>billet</i> keluar dari <i>curva</i> .
4	<i>Positioner</i>	Sebagai alat untuk memposisikan <i>billet</i> agar bisa masuk ke dalam BRF
5	<i>Burner</i>	Sebagai alat untuk membakar campuran udara dan gas <i>methane</i> pada setiap <i>zone</i>

No.	Komponen	Fungsi
6	<i>Nozzel</i>	Sebagai alat untuk menyemprotkan campuran udara dan gas <i>methane</i>
7	<i>Storage Tank Methane Gas</i>	Sebagai tempat penampungan gas <i>methane</i> yang disuplai oleh PGN
8	<i>Kick Off</i>	Sebagai alat untuk mengangkat dan mendorong keluar <i>billet</i> keluar dari BRF untuk masuk ke <i>roll table</i>
9	<i>Chimney</i>	Sebagai alat untuk membuang gas dari hasil pembakaran di dalam BRF
10	<i>Charging Bed Motor</i>	Sebagai alat untuk menggerakkan rangkaian komponen utama pada <i>charging bed</i>
11	<i>Safety Valve PGN Gas</i>	Sebagai alat untuk pengaman bila terjadi tekanan berlebih pada <i>storage tank methane gas</i> yang dapat mengakibatkan suatu kecelakaan dan untuk memotong aliran gas ke BRF
12	<i>Safety Valve BRF Gas</i>	Sebagai alat untuk pengaman bila terjadi kebakaran/peledakan pada BRF sehingga secara otomatis memotong aliran gas dari PGN
13	<i>Pressure Gauge PGN Gas</i>	Sebagai alat untuk mengetahui tekanan gas yang di keluarkan oleh <i>storage tank methane gas</i> untuk dikirim ke BRF
14	<i>Pressure Gauge BRF Gas</i>	Sebagai alat untuk mengetahui tekanan gas yang ada pada BRF
15	<i>Pipe Termocouple</i>	Sebagai alat untuk mengetahui temperatur dari pipa gas <i>methane</i> dari PGN
16	<i>BRF Termocouple</i>	Sebagai alat untuk mengetahui temperatur yang ada pada masing - masing <i>zone</i> pada BRF
17	<i>Ducting</i>	Sebagai alat berupa saluran pipa yang digunakan untuk membuang gas hasil pembakaran dari BRF
18	<i>Recooperative Zone</i>	Sebagai alat untuk menampung gas hasil sisa pembakaran kemudian memisahkan antara udara panas dan gas, udara untuk campuran pembakaran dan gas dibuang melalui <i>chimney</i>
19	<i>Blower</i>	Sebagai alat untuk meniupkan udara ke <i>recooperative zone</i> .
20	<i>Over Head Crane</i>	Sebagai alat untuk mengangkat <i>billet</i> untuk diletakan di atas <i>charging bed</i> .
21	<i>Magnet</i>	Sebagai alat untuk merekatkan <i>billet</i> di <i>over head crane</i> agar bisa diangkat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode kualitatif dan kuantitatif. Penelitian dilakukan di PT. X di bagian *maintenance* untuk mengetahui komponen apa saja yang ada di *Billet Reheating Furnace*.

1. Untuk mendiskripsikan cara kerja dan fungsi bagian dari komponen tersebut dibuat *Functional Block Diagram*. Dan melakukan pemilihan mesin kritis dari BRF.
2. Tahap selanjutnya adalah menganalisa bentuk kegagalan dan efek kegagalan yang terjadi di BRF menggunakan FMEA yang kemudian akan digunakan untuk mengisi *RCM Decission Worksheet*.
3. *RCM Decission Worksheet* digunakan untuk menganalisa jenis bentuk kegagalan dan efek yang ditimbulkan disetiap komponen, kemudian menganalisa bentuk tindakan perawatan yang sesuai serta menentukan.
4. *Initial Interval* perawatan setiap komponen. *Initial Interval* perawatan dihitung hanya untuk kegiatan perawatan *Schedule restoration task* dan *Schedule discard task* menggunakan teori keandalan.

5. Teori keandalan ini dimulai dengan menentukan distribusi dengan software *Weibul ++* kemudian hasil distribusi digunakan untuk menghitung *Mean Time To Failure (MTTF)* dan *Mean Time To Repair (MTTR)*.
6. Setelah itu menghitung biaya maintenance (CM) dan biaya perbaikan (CR). CM adalah biaya tenaga kerja yang melakukan tindakan preventive maintenance serta biaya material yang digunakan untuk perawatan, CR adalah Biaya perbaikan terdiri dari biaya *man hours (CW)*, biaya penggantian komponen (CF), dan biaya konsekuensi operasional (CO).
7. *Initial Interval* ini nilainya tergantung pada jenis parameter yang ada pada distribusi, biaya perawatan (CM), dan biaya perbaikan (CR).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi penjelasan mengenai pengolahan data serta analisis dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

### a. *Functional Block Diagram (FBD)*

Sebelum ke tahap analisa FBD dilakukan pemilihan mesin kritis yang bertujuan memilih bagian mesin yang memiliki prioritas untuk dilakukan perawatan berdasarkan :

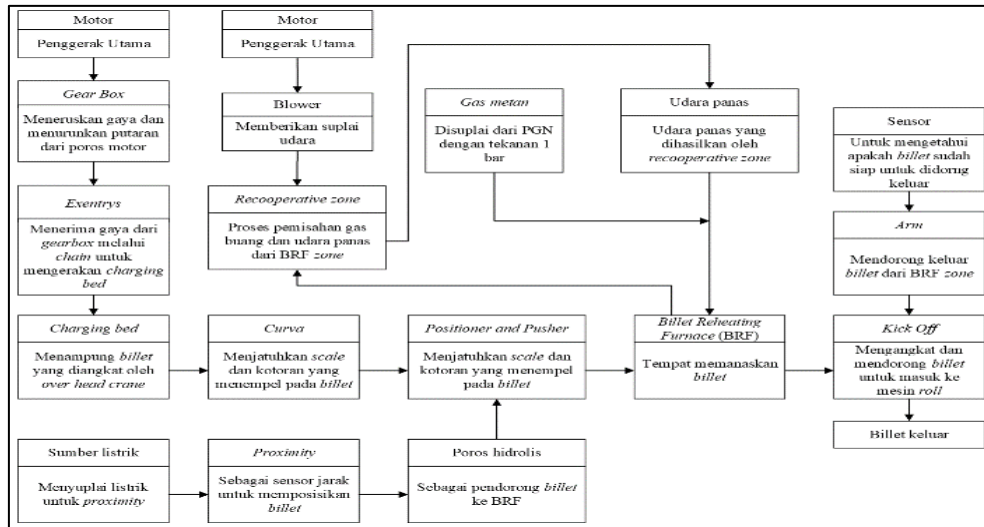
1. Kegagalan Operasi Mesin Terhadap Pemenuhan Target Produksi
2. Kerugian Produksi Akibat Break Down
3. Frekuensi Kegagalan Mesin
4. Pengaruh kegagalan Terhadap Keselamatan Kerja Operator

Berikut adalah hasil pengelompokan bagian mesin yang memiliki prioritas dalam perawatan.

Tabel 2. Komponen Utama BRF

No	Komponen	Fungsi
1	<i>Charging bed</i>	Sebagai tempat untuk menampung <i>billet</i> dari <i>over head crane</i> dan membawa <i>billet</i> untuk dikirim ke <i>curva</i> .
2	<i>Pusher</i>	Sebagai alat untuk mendorong <i>billet</i> jika <i>billet</i> keluar dari <i>curva</i> .
3	<i>Positioner</i>	Sebagai alat untuk memposisikan <i>billet</i> agar bisa masuk ke dalam BRF
4	<i>Billet Reheating Zone</i>	Sebagai tempat untuk memanaskan <i>billet</i> dengan suhu yang berbeda untuk setiap <i>zone</i>
5	<i>Kick Off</i>	Sebagai alat untuk mengangkat dan mendorong keluar <i>billet</i> keluar dari BRF untuk masuk ke <i>roll table</i>

Setelah mendeskripsi komponen pada BRF, selanjutnya akan dibuat *Functional Block Diagram (FBD)* yang bertujuan untuk mengetahui komponen-komponen utama yang terdapat dalam sistem dan bagaimana komponen tersebut bekerja sesuai dengan fungsinya. Berikut adalah FBD dari BRF yang ada di PT.X



Gambar 3. FBD dari BRF

**b. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

Dalam RCM II, *Failure Modes and Effect Analysis* merupakan tahapan setelah didefinisikan *Function* dan *Functional Failure*, dimana FMEA ini bertujuan untuk mengidentifikasi bagaimana suatu komponen mengalami suatu kegagalan (*failure*) serta akibat yang ditimbulkannya.

Tabel 3. FMEA Billet Reheating Furnace

System : Billet Reheating Furnace (BRF)							Fasilitator :	Date :
Function : Tempat untuk memanaskan ulang billet sebelum masuk mesin roll untuk dijadikan wire road							Auditor :	Year:
No	Equipment	Functional	Functional Failure	Failure Mode	Effect			
1	Charging bed	1 untuk menampung billet dari over head crane dan membawa billet untuk dikirim ke curva	A Tidak bisa menampung billet dari over head crane dan membawa billet untuk dikirim ke curva	1 Motor Sort circuit	Motor mati menyebabkan gearbox tidak dapat berputar sehingga charging bed tidak dapat mengirim billet ke curva dan BRF			
				2 Gearbox dikarenakan sprocket aus		Gearbox tidak dapat bekerja menyebabkan poros exentrys tidak dapat berputar sehingga charging bed tidak dapat mengirim billet ke BRF		
3	Positioner	1 Sebagai alat untuk memposisikan billet agar bisa masuk ke dalam BRF	A Tidak dapat memposisikan billet sehingga tidak bisa masuk ke dalam BRF	1 Poros Hidrolis patah	poros hidrolis patah menyebabkan billet tidal lurus atau posisinya tidak sesuai sehingga tidak dapat masuk ke dalam BRF			
4	Pusher	1 Sebagai alat untuk mendorong billet yang posisinya sudah benar keluar dari curva untuk dimasukan ke dalam BRF	A Pusher tidak dapat mendorong billet masuk ke dalam BRF	1 Poros hidrolis pendorong billet bengkok	Poros hidrolis bengkok menyebabkan pusher tidak dapat mendorong billet secara sempurna sehingga tidak dapat masuk kedalam BRF			

System : <i>Billet Reheating Furnace</i> (BRF)							Fasilitator :	Date :
Function : Tempat untuk memanaskan ulang billet sebelum masuk mesin roll untuk dijadikan <i>wire rod</i>							Auditor :	Year :
No	Equipment	Functional	Functional Failure	Failure Mode	Effect			
5	<i>Billet Reheating Furnace Zone</i>	1	Sebagai tempat untuk memanaskan billet dengan suhu yang berbeda untuk setiap zone	A	BRF tidak dapat memanaskan <i>Billet</i> dengan suhu yang berbeda untuk setiap <i>zone</i>	1	<i>Safety valve</i> gas metan dari PGN rusak/tidak bekerja	bila terjadi kondisi bahaya pada sumber gas metan maka gas yang disuplai dari PGN tidak otomatis terhenti karena <i>safety valve rusak</i>
						2	<i>Ducting pipe</i> berlubang	<i>Ducting pipe</i> berlubang akan menyebabkan banyak gas buang yang terbangun keluar ke lingkungan yang menyebabkan terganggunya proses pembakaran
6	<i>Kick Off</i>	1	Sebagai alat untuk mengangkat dan mendorong keluar <i>billet</i> keluar dari BRF untuk masuk ke <i>roll table</i>	A	Tidak dapat mengangkat dan mendorong keluar <i>billet</i> keluar dari BRF untuk masuk ke <i>roll table</i>	1	<i>Arm</i> pengangkat patah	<i>Arm</i> pengangkat patah menyebabkan proses pengeluaran <i>billet</i> tidak dapat dilakukan karena tidak ada <i>billet</i> yang diangkat
						2	<i>Motor Sort circuit</i>	Motor mati menyebabkan <i>billet</i> tidak bisa dikeluarkan dari BRF

**c. RCM II Decision Worksheet**

Pada RCM II *Decision Worksheet* ini digunakan untuk menganalisa konsekuensi dari masing – masing penyebab kegagalan (*Failure Modes*), dan juga untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*proposed task*) yang optimal dan menentukan *initial interval* untuk kegiatan perawatan tersebut serta memberi keterangan siapa yang bertanggung jawab dalam melaksanakan *proposed task* tersebut pada kolom *Can be Done by*.

Tabel 4. RCM II Decision Worksheet

RCM II Worksheet	System : <i>Billet Reheating Furnace</i> (BRF)												Fasilitator:	Date :		
	Function : Untuk memanaskan ulang <i>billet</i> sebelum masuk mesin <i>roll</i> untuk dijadikan <i>wire rod</i>												Auditor :	Year :		
Equipment	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be Done By
								S1	S2	S3						
	F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
Charging Bed	1	A	1	Y	N	N	Y	Y						<i>Scedule on condition task</i> , memeriksa kabel penyusun motor, jika perlu diganti	6 bulan sekali	Electric departement
	1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y				<i>Schedule discard task</i> , mengganti sprocket yang aus dengan sprocket yang baru	4384,77 20 jam	Mechanic

RCM II Worksheet	System : Billet Reheating Furnace (BRF)											Fasilitator:		Date :		
	Function : Untuk memanaskan ulang <i>billet</i> sebelum masuk mesin <i>roll</i> untuk dijadikan <i>wire rod</i>											Auditor :		Year :		
Equipment	Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be Done By
	F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3						
								O1	O2	O3	H4	H5	S4			
Positioner	1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y				Schedule discard task, melakukan penggantian pada poros hidrolis yang patah	724,699 3 jam	Mechanic
Pusher	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					Schedule restoration task, melakukan repair terhadap poros hidrolis pendorong billet bengkok jika perlu dilakukan penggantian	663,668 5 jam	Mechanic
Billet Reheating Furnace Zone	1	A	1	Y	Y	N	N	N	Y					Schedule restoration task, melakukan perbaikan pada pipa yang berlubang	995,488 1 jam	Mechanic
	1	A	2	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	Y	Combination of task : Schedule on condition and schedule discard task, melakukan pengecekan secara berkala pada safety valve pgn dan melakukan penggantian jika perlu	Pengecekan 1 minggu hari, penggantian 551,764 7 jam	Mechanic
Kick Off	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	Y				Schedule discard task, mengganti arm yang patah dengan yang baru	725,075 2 jam	Mechanic
	1	A	2	Y	N	N	Y	Y						Schedule on condition task, memeriksa kabel penyusun motor, jika perlu diganti	2 bulan sekali	Mechanic

**d. Uji Dsitribusi**

Penentuan distribusi dilakukan dengan mengolah data kuantitatif yaitu data yang berupa interval kerusakan (TTF) dan selang lamanya perbaikan atau penggantian (TTR) yang telah diperoleh. Pengujian distribusi ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kemungkinan terjadinya kerusakan pada waktu tertentu, kemungkinan alat/mesin dapat beroperasi sampai fungsi tertentu dan untuk menghitung nilai harapan panjang siklus kerusakan. Pengujian distribusi ini menggunakan bantuan software Weibull++ version 6.

Tabel 5. Uji Distribusi

Equipment	Failure Mode	Down Time	End Repair/Replacement	TTF (Jam)	TTR (Jam)
		Date-Time	Date-Time		
Charging Bed	sprocket aus	02/02/2018 07:45	02/02/2018 17:00	0	9
		19/02/2019 09:15	20/02/2019 08:00	9169	22
		03/03/2020 12:00	04/03/2020 10:20	9074	22
		25/01/2021 08:45	25/01/2021 16:00	7868	7
Positioner	Poros Hidrolis patah	10/04/2017 09:00	12/04/2017 18:17	0	57
		17/08/2019 10:30	19/08/2019 16:28	20617	53
		23/12/2020 15:15	25/12/2020 18:00	11860	50
Pusher	Poros hidrolis pendorong billet bengkok	27/02/2018 11:30	28/02/2018 17:40	0	30
		02/03/2020 17:00	03/03/2020 22:55	17621	29
		05/04/2021 08:35	06/04/2021 08:20	9567	23
Billet Reheating Furnace Zone	Mengganti safety valve PGN	02/06/2019 09:30	02/06/2019 17:15	0	7
		26/11/2020 16:42	27/11/2020 07:30	13039	14
		18/08/2021 08:52	18/08/2021 14:40	6352	5
	Ducting pipe berlubang	16/03/2019 07:10	16/03/2019 17:45	0	10
		17/04/2020 11:45	18/04/2020 07:50	9556	20
		01/02/2022 09:00	02/02/2022 20:25	15717	35
Kikck Off	arm bengkok	03/09/2018 08:45	03/09/2018 15:30	0	6
		18/06/2019 15:55	19/06/2019 09:00	6919	17
		29/12/2021 08:15	30/12/2021 10:30	22192	26

Sub Equipment	Distribusi	Keterangan	$\beta$ (beta)	$\eta$ (eta)	$\gamma$ (gamma)	$\lambda$ (Lamda)	$\mu$	$\sigma$
Sprocket aus	Weibul 2	TTF	12,1417	9016,9197				
	Weibul 3	TTR	0,5335	9,0594	6,66			
Poros Hidrolis patah	Weibul 2	TTF	2,2878	18847				
	Weibul 3	TTR	1,6422	7,6873	46,85			
Poros hidrolis pendorong billet bengkok	Weibul 2	TTF	2,0712	15958				
	Weibul 2	TTR	7,0311	28,9777				
Mengganti safety valve PGN	Weibul 2	TTF	1,759	11602				
	Weibul 3	TTR	0,5981	4,3776	4,6225			
	Weibul 2	TTF	2,5423	14497				



Sub Equipment	Distribusi	Keterangan	$\beta$ (beta)	$\eta$ (eta)	$\gamma$ (gamma)	$\lambda$ (Lamda)	$\mu$	$\sigma$
Ducting pipe berlubang	Weibul 3	TTR	1,3605	23,6306	1,95			
arm bengkok	Weibul 2	TTF	1,0854	18367				
	Weibul 3	TTR	10,8655	118,3093	-97,385			

**e. Perhitungan MTTF dan MTTR**

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai MTTF dan MTTR dengan memasukan parameter yang ada sesuai dengan jenis distribusinya. Berikut adalah hasil perhitungannya

1. *Sprocket aus*

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 2} \\
 &= 9016,9197 \times \Gamma ( 1 + 1 / 12,1417) \\
 &= 9016,9197 \times \Gamma (1,08) \\
 &= 9016,9197 \times (0,95973) \\
 &= 8653,8 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Lihat Tabel Gamma Function}(1,08) = 0,95973$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \gamma + \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 3} \\
 &= 6,66 + 9,0594 \Gamma ( 1 + 1 / 0,5335 ) \\
 &= 6,66 + 9,0594 \Gamma (2,87) \\
 &= 6,66 + 9,0594 \times (1,77994) \\
 &= 22,7851 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Lihat Tabel Gamma Function}(2,87) = 1,77994$$

2. *Poros Hidrolis patah*

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 2} \\
 &= 18847 \times \Gamma ( 1 + 1 / 2,2878) \\
 &= 18847 \times \Gamma (1,43) \\
 &= 18847 \times (0,88604) \\
 &= 16699,1 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Lihat Tabel Gamma Function}(1,43) = 0,88604$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \gamma + \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 3} \\
 &= 46,85 + 7,6873 \Gamma ( 1 + 1 / 1,6422 ) \\
 &= 46,85 + 7,6873 \Gamma (1,60) \\
 &= 46,85 + 7,6873 \times (0,89352) \\
 &= 53,71 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Lihat Tabel Gamma Function}(1,60) = 0,89352$$

3. *Poros hidrolis pendorong billet bengkok*

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 2} \\
 &= 15958 \times \Gamma ( 1 + 1 / 2,0712) \\
 &= 15958 \times \Gamma (1,48) \\
 &= 15958 \times (0,88575) \\
 &= 14134,7 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Lihat Tabel Gamma Function}(1,48) = 0,88575$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 2} \\
 &= 28,9777 \times \Gamma ( 1 + 1 / 7,0311) \\
 &= 28,9777 \times \Gamma (1,14) \\
 &= 28,9777 \times (0,93642) \\
 &= 27,13 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Lihat Tabel Gamma Function(1,48) = 0,88575

#### 4. Mengganti safety valve PGN

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 2} \\
 &= 11602 \times \Gamma ( 1 + 1 / 1,759) \\
 &= 11602 \times \Gamma (1,56) \\
 &= 11602 \times (0,88964) \\
 &= 13041,2 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Lihat Tabel Gamma Function(1,56) = 0,88964

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \gamma + \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 3} \\
 &= 4,6225 + 4,3776 \Gamma ( 1 + 1 / 0,5981 ) \\
 &= 4,6225 + 4,3776 \Gamma (2,67 ) \\
 &= 4,6225 + 4,3776 \times (1,50851) \\
 &= 11,22 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Lihat Tabel Gamma Function(2,67) = 1,50851

#### 5. Ducting pipe berlubang

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 2} \\
 &= 14497 \times \Gamma ( 1 + 1 / 2,5423) \\
 &= 14497 \times \Gamma (1,39) \\
 &= 14497 \times (0,88785) \\
 &= 12871,1 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Lihat Tabel Gamma Function(1,39) = 0,88785

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \gamma + \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 3} \\
 &= 1,95 + 23,6306 \Gamma ( 1 + 1 / 1,3605 ) \\
 &= 1,95 + 23,6306 \Gamma (1,73 ) \\
 &= 1,95 + 23,6306 \times (0,91467) \\
 &= 23,56 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Lihat Tabel Gamma Function(1,73) = 0,91467

#### 6. arm bengkok

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 2} \\
 &= 18367 \times \Gamma ( 1 + 1 / 1,0854) \\
 &= 18367 \times \Gamma (1,92) \\
 &= 18367 \times (0,96877) \\
 &= 17793,3 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Lihat Tabel Gamma Function(1,39) = 0,88785

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \gamma + \eta \Gamma (1+1/\beta) , \text{ Distribusi Weibul 3} \\
 &= -97,385 + 118,3093 \Gamma ( 1 + 1 / 10,8655 ) \\
 &= -97,385 + 118,3093 \Gamma (1,09 ) \\
 &= -97,385 + 118,3093 \times (0,95546) \\
 &= 15,65 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Lihat Tabel Gamma Function(1,09) = 0,95546

**f. Biaya Maintenance (CM)**

Biaya maintenance adalah biaya tenaga kerja yang melakukan tindakan preventive maintenance serta biaya material yang digunakan untuk perawatan. Kegiatan perawatan rutin BRF dilakukan oleh satu orang petugas, dengan alokasi gaji sbb :

Tabel 6. Biaya Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Gaji	Jumlah	Total Gaji (RP)	
			Perbulan	Perjam
Petugas Kontrol	1.500.000	1	1.500.000	9.375,00

Jenis kegiatan preventive maintenance yang sering dilakukan adalah pengecekan chain, memeriksa tekanan pressure gauge, pengecekan kondisi oli motor, inspeksi safety valve, dan lain – lain. Berikut ini adalah daftar material yang digunakan dalam preventive maintenance :

Tabel 7. Harga Material perawatan

No	Item	Konsumsi	Harga per unit (RP)	Waktu Perawatan Per-bulan (RP)	Biaya bahan Per-jam (RP)
1	Foredom MS10006 1oz Flex Shaft Grease	15 pacs/bulan	42.000 / pacs	10 jam	63.000
2	Rored oil SAE 90	20 lt/bulan	20.500 / lt	50 jam	8.200
3	PETRO CANADA Purity FG EP Gear Fluid 20L	20 lt/bulan	375.000 / lt	5,5 jam	1.363.636
Jumlah					1.434.836

Sehingga alokasi biaya total yang digunakan untuk kegiatan perawatan adalah :  
 $CM = 9.375,00 + 1.434.836 = \text{Rp. } 1.444.211$

**g. Biaya Perawatan (CR)**

Biaya perbaikan adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan karena adanya komponen BRf yang mengalami suatu suatu kerusakan dimana perlu dilakukan suatu kegiatan perbaikan dan penggantian komponen. Biaya perbaikan terdiri dari biaya man hours (CW), biaya penggantian komponen (CF), dan biaya konsekuensi operasional (CO).

Tabel 8. Biaya Man Hours (CW)

Tenaga Kerja	Gaji		Jumlah	Total Gaji	
	Per-bulan (RP)	Per-jam (RP)		Per-bulan (RP)	Per-jam (RP)
Supervisor	4.700.000	22.596	1	4.700.000	22.596
Mechanic	4.375.479	21.035	2	8.750.958	42.070
Electric	4.375.479	21.035	1	4.375.479	21.035
Jumlah				17.826.437	85.701

Tabel 9. Biaya Penggantian Komponen (CF)

Equipment	Daftar komponen	Harga (Rp)
<i>Charging bed</i>	<i>Sprocket( KENI R10 SS)</i>	300.000
<i>curva</i>	Besi V	5.700.000
<i>positioner</i>	Poros Hidrolis	650.000
<i>pusher</i>	Poros Hidrolis	670.000
<i>Brf Zone</i>	<i>Safety valve PGN</i>	354.000
<i>Kick Off</i>	<i>Lifting Arm</i>	1.250.000

**Biaya Konsekuensi Operasional (CO)**

Biaya konsekuensi operasional (CO) adalah biaya yang timbul akibat adanya shutdown. Perusahaan akan mengalami kerugian akibat shutdown karena perusahaan tidak produksi. Brf dapat melakukan reheating untuk billet sebanyak 36 billet dalam satu jam, sedangkan harga untuk satu billet adalah Rp. 10.000.000. Maka biaya konsekuensi operasional bila terjadi shutdown adalah :

$$\begin{aligned} \text{CO} &= 36 \text{ billet/jam} \times 10.000.000 / \text{billet} \\ &= \text{Rp. } 36.000.000 / \text{jam} \end{aligned}$$

Perhitungan untuk mendapatkan biaya perbaikan (CR) dapat dirumuskan dengan rumus berikut ini

$$\text{CR} = \text{CF} + ((\text{CW} + \text{CO}) \times \text{MTTR})$$

Berikut adalah hasil perhitungan biaya perawatan (CR)

Tabel 10. Biaya Perawatan (CO)

Equipment	Sub Equipment	CF (Rp)	CW (Rp)	CO (Rp)	MTTR (Jam)	CR (Rp)
Charging bed	sprocket aus	Rp300.000,00	Rp85.701,00	Rp36.000.000,00	22,7851	Rp822.516.305,86
Positioner	Poros Hidrolis patah	Rp650.000,00	Rp85.701,00	Rp36.000.000,00	53,71	Rp1.938.813.000,71
Pusher	Poros hidrolis pendorong billet bengkok		Rp85.701,00	Rp36.000.000,00	27,13	Rp979.005.068,13

Equipment	Sub Equipment	CF (Rp)	CW (Rp)	CO (Rp)	MTTR (Jam)	CR (Rp)
BRF Zone	Mengganti safety valve PGN	Rp354.000,00	Rp85.701,00	Rp36.000.000,00	11,22	Rp405.235.565,22
	Ducting pipe berlubang		Rp85.701,00	Rp36.000.000,00	23,56	Rp850.179.115,56
Kick Off	arm bengkok	Rp1.250.000,00	Rp85.701,00	Rp36.000.000,00	15,65	Rp565.991.220,65

#### h. Perhitungan Interval Perawatan

Perhitungan interval perawatan dilakukan untuk mendapatkan interval waktu dari komponen tersebut dapat mengalami suatu kegagalan berdasarkan data kerusakan yang ada. Interval perawatan dilakukan pada komponen yang mengalami *schedule on restoration task* dan *schedule discard task* dimana interval ini nilainya tergantung pada jenis parameter yang ada pada distribusi, biaya perawatan (CM), dan biaya perbaikan (CR). Diasumsikan bahwa *scheduled (preventive) maintenance* akan memulihkan sistem seperti kondisi baru, akan tetapi perbaikan komponen yang rusak akan memulihkan kondisinya seperti pada waktu kerusakan (*minimal repair*) supaya dapat beroperasi sesuai dengan keinginan perusahaan. Berikut adalah rekap hasil perhitungan interval perawatan untuk komponen BRF yang mengalami *schedule restoration task* dan *schedule discard task*.

- Sprocket aus

$$\begin{aligned}
 TM &= \eta x \left[ \frac{1}{(\beta-1)} x \frac{Cp}{Cf-Cp} \right]^{\frac{1}{\beta}} \\
 &= 9016,9197 x \left[ \frac{1}{(12,1417-1)} x \frac{1.444.211}{822.516.305-1.444.211} \right]^{\frac{1}{12,1417}} \\
 &= 4384,7720 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- Poros Hidrolis patah

$$\begin{aligned}
 TM &= \eta x \left[ \frac{1}{(\beta-1)} x \frac{Cp}{Cf-Cp} \right]^{\frac{1}{\beta}} \\
 &= 18847 x \left[ \frac{1}{(2,2878-1)} x \frac{1.444.211}{1.938.813.000,71-1.444.211} \right]^{\frac{1}{2,2878}} \\
 &= 724,6993 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- Poros hidrolis pendorong billet bengkok

$$\begin{aligned}
 TM &= \eta x \left[ \frac{1}{(\beta-1)} x \frac{Cp}{Cf-Cp} \right]^{\frac{1}{\beta}} \\
 &= 15958 x \left[ \frac{1}{(2,0712-1)} x \frac{1.444.211}{979.005.068,13-1.444.211} \right]^{\frac{1}{2,0712}} \\
 &= 663,6685 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- Mengganti safety valve PGN

$$\begin{aligned} TM &= \eta x \left[ \frac{1}{(\beta-1)} x \frac{Cp}{Cf-Cp} \right]^{\frac{1}{\beta}} \\ &= 11602 x \left[ \frac{1}{(1,759-1)} x \frac{1.444.211}{405.235.565,22-1.444.211} \right]^{\frac{1}{1,759}} \\ &= 551,7647 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Ducting pipe berlubang

$$\begin{aligned} TM &= \eta x \left[ \frac{1}{(\beta-1)} x \frac{Cp}{Cf-Cp} \right]^{\frac{1}{\beta}} \\ &= 14497 x \left[ \frac{1}{(2,5423-1)} x \frac{1.444.211}{850.179.115,56-1.444.211} \right]^{\frac{1}{2,5423}} \\ &= 995,4881 \text{ jam} \end{aligned}$$

- arm bengkok

$$\begin{aligned} TM &= \eta x \left[ \frac{1}{(\beta-1)} x \frac{Cp}{Cf-Cp} \right]^{\frac{1}{\beta}} \\ &= 18367 x \left[ \frac{1}{(1,0854-1)} x \frac{1.444.211}{565.991.220,65-1.444.211} \right]^{\frac{1}{1,0854}} \\ &= 725,0752 \text{ jam} \end{aligned}$$

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan serta analisa data yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa jenis perawatan terdapat 3 jenis perawatan terhadap mesin BRF yaitu schedule on condition task, schedule restoration task, dan schedule discard task. Dimana jenis perawatan itu disesuaikan dengan jenis peralatan yang ada di mesin brf dan dapat dilihat pada table 4.
2. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa ada 6 komponen dari BRF yang memiliki jadwal perawatan yang harus dilakukan sebelum mengalami kerusakan yaitu sprocket aus = 4384,7720 jam, Poros Hidrolis patah = 724,6993 jam, Poros hidrolis pendorong billet bengkok = 663,6685 jam, Mengganti safety valve PGN = 551,7647 jam, Ducting pipe berlubang = 995,4881 jam, dan arm bengkok = 725,0752 jam

### SARAN

Saran yang dapat diberikan pada pihak perusahaan dan untuk pengembangan penelitian, antara lain:

1. Perbaikan secara berkelanjutan dibutuhkan untuk mendapatkan hasil dari *task* perawatan RCM II yang lebih baik dengan melakukan *review* secara periodik oleh pihak *maintenance*.
2. Bagi penelitian selanjutnya dalam penentuan jenis distribusi diharapkan dapat menggunakan *software* selain weibul ++6 yaitu menggunakan versi weibul yang lebih baru

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Center for Chemical Process Safety/AIChE. (1992). Guidelines for Hazard Evaluation Procedures - With Worked Examples (2nd Edition).
- [2] Dhillon, B.S. (2002). Engineering Maintenance A Modern. CRC Press LLC.
- [3] Ebeling, C. E. (1997). An Introduction to Reliability and maintainability. New York. The McGRAW-HILL COMPANIES, INC.
- [4] Haryono. (2004). Perencanaan Suku Cadang Berdasarkan Analisis Reliabilitas. Laporan Penelitian. MIPA, Statistika, ITS.
- [5] Kasmoni. (2003). Visual Basic 6.0 untuk orang awam. Maxikom. Palembang.
- [6] Lees L. F.P. (1980). Prevention in the Process Industries. Loughborough University, United Kingdom
- [7] Lewis, E. E. (1987). Introduction to Reliability Engineering, John Wiley & Sons, Canada.
- [8] Moubray, Jhon. (1997). Reliability Centered Maintenance 2nd Edition. Industrial Press Inc. Madison Avenue-New York.
- [9] Setiawan, M. A. (2007). Analisa Resiko dan Penentuan Kegiatan Perawatan Pada Stacker Menggunakan Metode RCM II. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja. PPNS-ITS. Surabaya.