

Peningkatan Ketersediaan Waktu Operasi Pada Mesin Boiler Berdasarkan Down Time Dengan Pendekatan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus PT. Dian Swastika Sentosa, Tbk)

A.Z. Sultan¹, M. A. Suyuti^{2*}, Tanhar Bin Naim³ dan Arya A. Amiruddin⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
* email: muhammadarsyadsuyuti@poliupg.ac.id

Abstract: This study aims to (1) determine the subsystem or component that causes the main failure in boiler unit 2 and the effect on production efficiency. (2) Determine the maintenance interval at boiler unit 2 with the Reliability Centered Maintenance method. This research was conducted by processing downtime data from each sub-system or component, which was converted into time data between failures. Thus, testing of the distribution data is to determine the appropriate distribution. Based on the parameters obtained, it is used to determine the reliability function of each subsystem or component. Thus, the reliability value of each component over a certain period of time can be calculated. From the results of the research, the most damage has reliability including ballmill a (29.01%), ballmill b (37.250%), bottom ash a (41,604%), coal feeder a (35,282%), boiler (38,275%), hydraulic (20,236%), soot blower l3 (16,019%), coal feeder b (35,915%). So that reliability is focused on these components or subsystems. Then the maintenance time intervals are arranged as a group maintenance strategy to achieve the targeted system reliability.

Keywords: Reliability; Downtime; Breakdown; Maintenance Interval.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk (1) menentukan subsistem atau komponen penyebab kegagalan utama pada unit boiler 2 serta efek pada efisiensi produksi. (2) Menentukan Interval perawatan pada unit boiler 2 dengan metode Reliability Centered Maintenance. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengolah data downtime dari masing-masing subsistem atau komponen, yang diubah menjadi data waktu antar kegagalan. Kemudian dilakukan pengujian data distribusi untuk mengetahui distribusi yang sesuai. Berdasarkan parameter – parameter yang didapatkan digunakan untuk menentukan fungsi keandalan masing – masing subsistem atau komponen. Sehingga, nilai keandalan setiap komponen pada periode waktu tertentu dapat dihitung. Dari hasil penelitian kerusakan paling banyak memiliki keandalan diantaranya ballmill a (29.01%), ballmill b (37.250%), bottom ash a (41.604%), coal feeder a (35.282%), boiler (38.275%), hydrolic (20.236%), soot blower l3 (16.019%), coal feeder b (35.915%). Sehingga keandalan difokuskan pada komponen atau subsistem tersebut. kemudian disusun interval waktu perawatan sebagai strategi perawatan secara grup untuk mencapai kehandalan sistem yang ditargetkan

Kata kunci : Keandalan, Downtime; Breakdown; Inteval Perawatan

I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan industri sekarang ini, produktifitas mesin dituntut untuk baik dan lancar dari segi operasionalnya. yang beraneka ragam. Dengan dukungan kinerja mesin yang optimal, maka permintaan produksi akan dapat terpenuhi dan berjalan lancar. Secara alamiah barang atau peralatan buatan manusia mengalami kerusakan, tetapi usia kegunaan dari barang atau peralatan tersebut dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan atau perawatan berkala yang dikenal sebagai kegiatan pemeliharaan. Pemeliharaan merupakan suatu kombinasi dari berbagai kegiatan atau tindakan untuk menjaga suatu barang atau peralatan sampai suatu kondisi yang bisa diterima, baik secara teknis maupun ekonomis [1].

Aspek perawatan suatu pabrik tidak terpisahkan dari perencanaan dan pengoperasian sehingga target produksi yang telah ditetapkan dapat terpenuhi tepat waktu dengan kualitas yang telah

ditetapkan. Meskipun suatu pabrik dirancang dengan baik, apabila perawatan terhadap peralatan dan mesin-mesin produksi tidak direncanakan dan dilaksanakan dengan sungguh-sungguh, kemampuan untuk melakukan kegiatan produksi akan menurun karena adanya kerusakan-kerusakan. Hal ini akan menghambat proses produksi, sehingga produktivitas akan menurun. Ada beberapa kasus yang ditemui di pabrik, kegiatan pemeliharaan dilakukan berdasarkan rekomendasi dari pabrikan pembuat peralatan produksi atau berdasarkan pengalaman dari orang-orang yang bertanggung jawab dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan, tidak berdasarkan kondisi operasi sesungguhnya dari komponen atau peralatan tersebut dalam proses produksi [2].

Prinsip utama dalam manajemen sistem perawatan adalah untuk menekan periode kerusakan (*breakdown period*) sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen sistem berdasarkan pada acuan data *downtime*. Permasalahannya adalah penentuan waktu terbaik untuk mengetahui kapan penggantian harus dilakukan untuk meminimasi total *downtime*. Konflik yang dihadapi adalah pertama peningkatan frekuensi penggantian dapat meningkatkan *downtime* karena penggantian tersebut, tetapi dapat mengurangi waktu *downtime* akibat terjadinya kerusakan, kedua pengurangan frekuensi penggantian akan menurunkan *downtime* karena penggantian, tetapi konsekuensinya adalah kemungkinan peningkatan *downtime* karena kerusakan. Dari dua kondisi diatas diharapkan untuk dapat menghasilkan keseimbangan diantara keduanya [3].

Menurut Suyatmo (2004) teori keandalan (*reliability*) dan ketersediaan (*availability*) sistem beroperasi yang didasarkan pada hukum-hukum statistik dan teori kemungkinan cukup baik untuk meramalkan penentuan interval waktu inspeksi dengan analisa dan pengujian distribusi data kerusakan suatu sistem [4]. PT Dian Swastatika Sentosa Tbk ("Perusahaan") adalah perseroan terbatas yang didirikan pada tahun 1996 yang sebelumnya dikelola oleh perusahaan singapura dan kemudian diambil alih lagi oleh Sinarmas Grup. Demi menunjang produksi baik dan lancar, diperlukan daya atau energy yang berperan penting sebagai sumber utama pada perusahaan. Dengan hadirnya komponen utama sistem penghasil listrik untuk keberlangsungan aktivitas perusahaan maka perannya sangat vital. Pada PT Dian Swastatika Sentosa memiliki 4 unit Boiler. Pada tahun 1991 perusahaan ini memiliki 3 macam Boiler dengan kapasitas masing – masing Boiler 35 MW, di tahun 1995 perusahaan ini menambah 1 macam boiler yakni dengan kapasitas 75 MW. Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Dengan demikian dari 4 macam Boiler yang ada pada perusahaan ini dari data *System Application Production* (SAP) perawatan mulai dari tahun 2014-2016 yang diperoleh untuk jenis perawatan dari subsistem boiler tersebut antara lain Boiler 1 (98 Subsistem), Boiler 2 (69 Subsistem), Boiler 3 (36 Subsistem), dan Boiler 6 (89 Subsistem), jadi dapat disimpulkan dari data yang telah dikelola berdasarkan hasil analisa *Down Time* untuk jenis Boiler 2 yang selama ini masih sering terjadi kerusakan, khususnya yang beroperasi mulai tahun 1991.

Berdasarkan metode penentuan interval waktu perusahaan yang telah dilakukan selama ini Secara umum perawatan di PT. Dian Swastatika Sentosa sudah dilakukan dengan baik. Namun, pihak perusahaan masih perlu untuk terus melakukan perbaikan-perbaikan baik dalam bidang manajemen maupun secara teknis untuk meningkatkan produktivitas. Karena selama ini perawatan yang sering terjadi pada perusahaan ini, kegiatan perawatan dilakukan secara inspeksi dan pergantian komponen-komponen pada mesin Boiler didasarkan pada tanda-tanda kerusakan komponen serta berdasarkan pengalaman. Perusahaan ini menerapkan tiga jenis perawatan yaitu *corrective maintenance*, *periodic maintenance* dan *preventive maintenance*. Namun metode ini masih belum maksimal. Oleh karena itu diperlukan suatu metode untuk peningkatan ketersediaan waktu operasi pada mesin *boiler* dan menentukan alokasi keandalan mesin-mesin pada unit tersebut sehingga target keandalan sistem dapat tercapai melalui metode pendekatan *Reability Centered Maintenance* (RCM) . Dengan demikian bisa ditentukan interval waktu perawatan untuk masing-masing mesin pada unit tersebut.

Reliability centered maintenance (RCM) adalah teknik yang lebih maju untuk menentukan aktivitas *preventive maintenance*, menjamin aset beroperasi dengan desain asli dan menjalankan fungsinya sesuai keinginan pemakai [5][6]. RCM merupakan cara untuk mengembangkan strategi perawatan dan desain alternatif, berdasarkan pada oprasional, ekonomi dan keselamatan dan ramah lingkungan. Berdasarkan uraian diatas, RCM diharapkan dapat membantu pihak perawatan menghasilkan sebuah kerangka kerja berdasarkan informasi keadaan untuk perencanaan yang efisien dan aplikatif. Dengan itu dapat dirumuskan mengenai penentuan subsistem/komponen penyebab kerusakan utama pada unit *boiler 2*, fungsi keandalan (Reliability) dan ketersediaan (Availability), laju kerusakan, keandalan dan rata-rata waktu antar kerusakan masing-masing subsistem/komponen, dan penetapan interval waktu perawatan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah menentukan subsitem atau komponen penyebab kegagalan utama pada unit *Boiler 2* serta efek pada efisiensi produksi, dan menentukan Interval perawatan pada unit boiler 2 dengan metode *Reliability Centered Maintenance*.

II. METODE PENELITIAN

Dalam proses ini yang menjadi obyek penelitian yaitu : data *downtime* dari unit *Boiler #2*, *Flow chart*, dan data umum dari perusahaan, interview selain itu juga melakukan pengamatan di lapangan.

Dalam analisis keandalan, faktor–faktor utama yang menjadi dasar analisis adalah data perbedaan waktu antar kegagalan [7]. Sehingga data yang dibutuhkan adalah data *downtime* pada setiap mesin pada bagian departemen perawatan. Untuk mengidentifikasi variabel dibatasi hal–hal berikut:

- Sistem dari berbagai komponen pada bagian *Boiler dan Pulverizer*
- Rincian data *downtime* pada komponen atau subsistem utama dari seksi pemeliharaan berupa data operasi produksi harian (*log sheet*)
- Data pendukung seperti data diagram alur, proses produksi, *general layout* dari seksi pemeliharaan

Data umum dari pihak manajemen perusahaan

Dalam mengelola data, dapat dilakukan dengan bantuan software Weibull++ 4.0, untuk analisa kehandalan, dengan langkah pengerjaannya sebagai berikut:

- Melakukan analisa Pareto untuk menentukan subsistem atau komponen penyebab dari kegagalan utama pada Boiler
- Data *downtime* dari data operasi produksi (*log sheet*) dikonversi menjadi data antar waktu kegagalan (*TBF*).
- Pendugaan distribusi data antar kegagalan menggunakan program weibull++ 4.0 dengan metode *Rank Regression*, dengan membandingkan *Goodness of fit*, *plot fit*, dan *likelihood function value*.

Dari sini didapatkan distribusi probabilitas yang paling sesuai untuk data waktu antar kegagalan

- Berdasarkan parameter–parameter distribusi yang diperoleh maka didapatkan fungsi keandalan, *failure rate* dan *MTBF*
- Berdasarkan hasil analisa keandalan dapat ditentukan strategi perawatan masing masing mesin dalam mencapai target keandalan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, hasil penelitian yang memperlihatkan data waktu antar kegagalan komponen Ballmill A seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data waktu antar kegagalan komponen *Ballmill A*

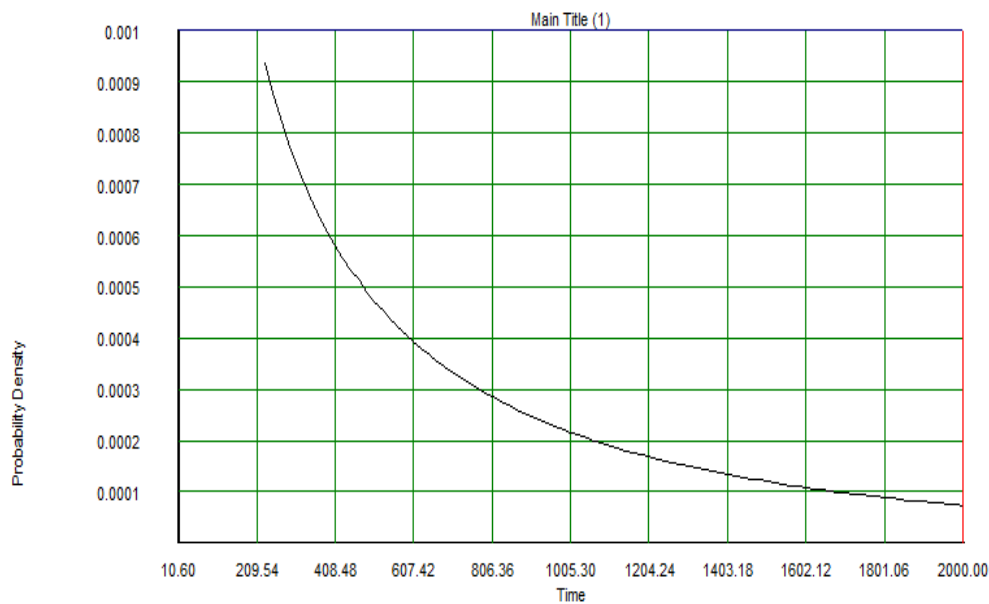
No	Stop Repair		Down Time	Start Ranning		Interval Waktu (hari)	TBF (jam)	Top Kumulatif (jam)
	Tanggal	Waktu		Tanggal	Waktu			
1	03.03.2014	8.36	4	03.03.2014	12.36	30	716	716
2	06.04.2014	8.59	2	06.04.2014	10.59	34	814	1530
3	18.06.2014	8.48	3	18.06.2014	11.48	73	1749	3279
4	20.06.2014	8.14	2	20.06.2014	10.14	2	46	3325
5	05.07.2014	8.28	2	05.07.2014	10.28	15	358	3683
6	01.08.2014	14.53	24	31.07.2014	14.53	26	600	4283
7	31.07.2014	8.19	2	31.07.2014	10.19	1	22	4305
8	06.08.2014	13.04	4	06.08.2014	17.04	6	140	4445
9	15.08.2014	8.04	2	15.08.2014	10.04	9	214	4659
10	18.09.2014	13.54	2	18.09.2014	15.54	34	814	5473
11	19.09.2014	8.04	9	19.09.2014	17.04	1	15	5488
12	26.11.2014	8.05	2.5	26.11.2014	10	68	1630	7118
13	27.11.2014	8.2	9.6	27.11.2014	17.4	1	14	7132
14	01.12.2014	10.16	2	01.12.2014	12.16	4	94	7226
15	01.12.2014	13.24	2	01.12.2014	15.24	1	22	7248
16	29.12.2014	13.34	3	29.12.2014	16.34	28	669	7917
17	15.01.2015	8.3	2	15.01.2015	10.3	17	406	8323
18	02.03.2015	8.41	2	02.03.2015	10.41	46	1102	9425
19	26.06.2015	8.47	3	26.06.2015	11.47	116	2781	12206
20	16.09.2015	8.09	14	16.09.2015	22.09	82	1954	14160
21	04.11.2015	10.19	2	04.11.2015	12.19	49	1174	15334
22	10.12.2015	13.48	1	10.12.2015	14.48	36	863	16197
23	17.02.2016	13.54	2	17.02.2016	15.54	69	1654	17851
24	10.03.2016	8.16	2	10.03.2016	10.16	22	526	18377
25	07.05.2016	9.31	1	07.05.2016	10.31	58	1391	19768
26	16.05.2016	8.02	3	16.05.2016	11.02	9	213	19981
27	26.05.2016	9.32	3	26.05.2016	12.32	10	237	20218
28	30.05.2016	8.52	3.52	30.05.2016	11	4	92	20310
29	30.05.2016	13.26	2	30.05.2016	15.26	1	22	20332
30	07.06.2016	10.52	2	07.06.2016	12.52	8	190	20522
31	09.06.2016	9.42	2	09.06.2016	11.42	2	46	20568
32	13.06.2016	9.04	2	13.06.2016	11.04	4	94	20662
33	12.07.2016	9.04	2	12.07.2016	11.04	29	694	21356
34	19.07.2016	8.15	9	19.07.2016	17.15	7	159	21515
35	13.09.2016	14.39	2	13.09.2016	16.39	25	598	22113
36	14.09.2016	9.54	2	14.09.2016	11.54	1	22	22135
37	17.10.2016	8.51	2	17.10.2016	10.51	33	790	22925
Jumlah			138.62					

Perhitungan selengkapnya untuk berbagai nilai $t(jam)$ ditabelkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Padat Peluang (PDF) Ballmill A

t (jam)	f(t)	t (jam)	f(t)	t (jam)	f(t)
0	0	700	3.60E-04	1400	1.44E-04
50	2.72E-03	750	3.32E-04	1450	1.36E-04
100	1.77E-03	800	3.08E-04	1500	1.29E-04
150	1.36E-03	850	2.86E-04	1550	1.22E-04
200	1.11E-03	900	2.67E-04	1600	1.16E-04
250	9.40E-04	950	2.49E-04	1650	1.10E-04
300	8.13E-04	1000	2.33E-04	1700	1.05E-04
350	7.13E-04	1050	2.18E-04	1750	9.97E-05
400	6.34E-04	1100	2.05E-04	1800	9.50E-05
450	5.68E-04	1150	1.92E-04	1850	9.05E-05
500	5.13E-04	1200	1.81E-04	1900	8.62E-05
550	4.66E-04	1250	1.71E-04	1950	8.23E-05
600	4.26E-04	1300	1.61E-04	2000	7.85E-05
650	3.91E-04	1350	1.52E-04		

Hasil perhitungan tersebut diplot dalam sebuah grafik hubungan antara padat peluang dengan waktu operasional seperti terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Fungsi Padat Peluang (PDF) Ballmil A

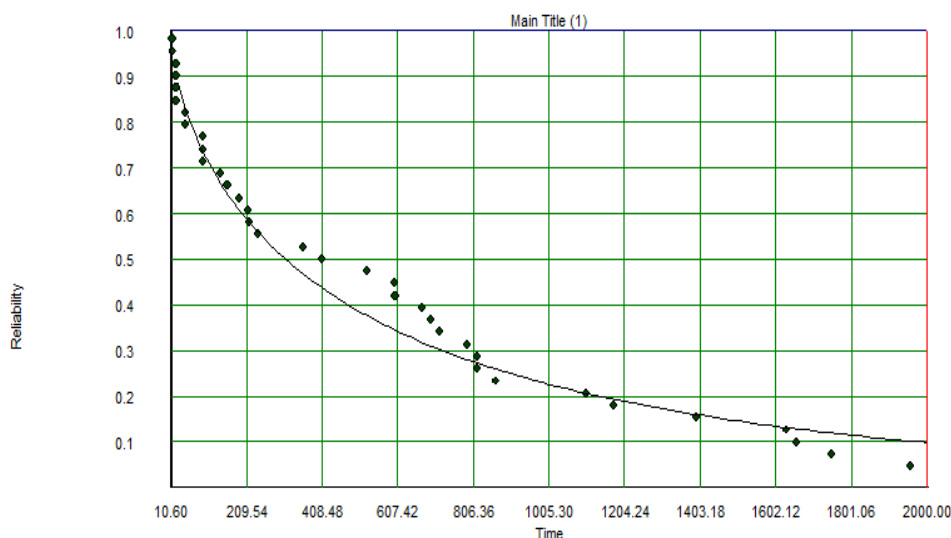
Nilai keandalan untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Keandalan Ballmil A

t (jam)	Keandalan	t (jam)	Keandalan	t (jam)	Keandalan
0	0	700	0.308200445	1400	0.158539299
50	0.827721758	750	0.292043471	1450	0.152007182
100	0.726769909	800	0.277093521	1500	0.145820677

150	0.654498882	850	0.263221694	1550	0.139956022
200	0.597153451	900	0.250317929	1600	0.134391555
250	0.549455756	950	0.238287457	1650	0.129107487
300	0.508660434	1000	0.22704808	1700	0.124085695
350	0.473109093	1050	0.216528024	1750	0.119309546
400	0.441704332	1100	0.206664253	1800	0.114763748
450	0.413673643	1150	0.197401102	1850	0.110434215
500	0.388448278	1200	0.188689181	1900	0.106307946
550	0.365595003	1250	0.180484474	1950	0.102372925
600	0.344774857	1300	0.172747592	2000	0.098618026
650	0.32571685	1350	0.165443161		

Hasil perhitungan diplot dalam sebuah grafik hubungan antara keandalan dengan waktu operasional seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Keandalan *Ballmill A*

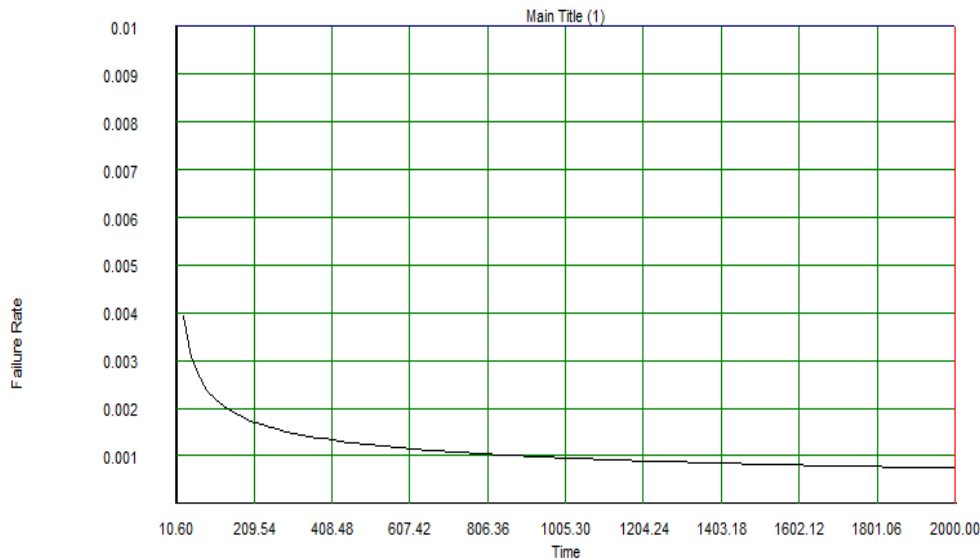
Nilai laju kegagalan untuk berbagai nilai *t* (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Laju Kegagalan *Ballmil A*

t (jam)	Laju Kegagalan	t (jam)	Laju Kegagalan	t (jam)	Laju Kegagalan
0	0.0000000	700	0.0011676	1400	0.0009066
50	0.0032820	750	0.0011385	1450	0.0008951
100	0.0024414	800	0.0011119	1500	0.0008841
150	0.0020796	850	0.0010875	1550	0.0008736
200	0.0018617	900	0.0010650	1600	0.0008636
250	0.0017107	950	0.0010442	1650	0.0008540
300	0.0015974	1000	0.0010248	1700	0.0008448
350	0.0015081	1050	0.0010067	1750	0.0008359
400	0.0014351	1100	0.0009898	1800	0.0008274
450	0.0013738	1150	0.0009739	1850	0.0008192
500	0.0013214	1200	0.0009589	1900	0.0008113

550	0.0012758	1250	0.0009447	1950	0.0008037
600	0.0012356	1300	0.0009313	2000	0.0007963
650	0.0011998	1350	0.0009186		

Hasil perhitungan diplot dalam sebuah grafik hubungan antara laju kegagalan dengan waktu operasional seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Laju Kegagalan *Ballmill A*

Tabel 5. Nilai *MTBF*, *MTTR*, Jadwal Perbaikan dan *PM Day Boiler*

No	Komponen	MTBF (jam)	MTTR (jam)	Usulan PM Day	
				Inspeksi	Repair
1	<i>Ballmill A</i>	756.071 (31 hari)	4.5732	7 hari	25
2	<i>Ballmill B</i>	815.026 (33 hari)	4.1894		25
3	<i>Bottom ASH</i>	1098.740 (45 hari)	5.4852		35
4	<i>Coal Feeder A</i>	1606.615 (66 hari)	2.2608		55
5	<i>Boiler</i>	1634.346 (68 hari)	3.9455		55
6	<i>Hydraulic</i>	1847.355 (99 hari)	2.4152		85
7	<i>Soot Blower</i>	2853.996 (118 hari)	15.1468		85
8	<i>Coal Feeder A</i>	1864.883 (77 hari)	2.7117		65

Bedasarkan tabel 3 dilakukan pengujian distribusi data waktu antar kegagalan dengan program *Weibull+4* dan di dapatkan hasil bahwa distribusi data waktu antar kegagalan pada komponen *ballmill a* paling sesuai dengan distribusi *weibull* dengan parameter sebagai berikut: $\beta = 0.6389$; $\eta = 534.1827$ $y=10.6000$; dengan koefisien korelasi $\rho = 98.1\%$.

Rata-rata waktu antar kegagalan (MTBF)

Dari data waktu antar kegagalan yang mengikuti distribusi *Weibull* dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$MTBF = 10.6000 + 534.1827 \Gamma(1/0.6389 + 1) = 756.05 \text{ jam}$$

Nilai keandalan pada saat $MTBF : R(756.05) = 29.017\%$

Fungsi Padat Peluang (PDF)

Berdasarkan parameter-parameter distribusi yang telah didapatkan, fungsi padat peluang dapat ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{0.6389}{534.1827} \left(\frac{t-10.6000}{534.1827} \right)^{0.6389-1} \exp \left[- \left(\frac{t-10.6000}{534.1827} \right)^{0.6389} \right]$$

Keandalan (Reliability)

Sesuai dengan distribusi waktu antar kegagalan Ballmill A yang mengikuti distribusi Weibull maka fungsi keandalan dirumuskan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - 10.6000}{534.1827} \right)^{0.6389} \right]$$

Laju Kegagalan (failure rate)

Laju Kegagalan dari data waktu antar kegagalan yang terdistribusi Weibull secara umum dapat ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\lambda(t) = \frac{0.6389}{534.1827} \left(\frac{t - (-24.9865)}{534.1827} \right)^{0.6389-1}$$

Nilai keandalan untuk berbagai nilai t (jam) dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4. Hasil perhitungan diplot dalam sebuah grafik hubungan antara keandalan dengan waktu operasional seperti terlihat pada Gambar 3.

Rata-rata MTBF, MTTR, Jadwal Perbaikan dan PM Day Boiler

Pada tabel 5 ditunjukkan nilai $MTBF$ (*Mean Time Between Failure*) yang berarti waktu beroperasi setiap komponen hingga masa perawatan dan nilai $MTTR$ (*Mean Time To repair*) yang berarti waktu yang digunakan untuk melakukan perbaikan, perawatan, atau pergantian komponen tersebut. Fenomena tersebut dipertegas dengan hasil penelitian yang telah dilakukan di PT. Semen Bosowa [8].

Dari pembahasan hasil analisis diatas dan Tabel 5 maka interval waktu perawatan dapat ditentukan berdasarkan pertimbangan nilai $MTBF$, $MTTR$, jadwal perbaikan, dan usulan *PM Day*. Jika pertimbangan berdasarkan nilai $MTBF$ untuk mengurangi *breakdown* maka interval waktu perawatan *preventive* untuk subsistem/komponen dapat dipertimbangkan untuk di lakukan perbaikan pada komponen *ballmill a* dilakukan setiap (31 hari), *ballmill b* (33 hari), *bottom ash* (45 hari), *coal feeder a* (66 hari), *boiler* (68 hari), *hydrolic* (99 hari), *soot blower L3* (118 hari) dan *coal feeder b* (77 hari). Salah satu bentuk pemeliharaan secara mandiri harus di lakukan oleh operator. Operator harus di latih dibangun, didorong untuk membersihkan, melumasi, memeriksa, melakukan perbaikan sederhana terhadap setiap kerusakan yang terjadi pada fasilitasnya [9].

IV. KESIMPULAN

Dengan analisis pengolahan data yang didapatkan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Data dari hasil analisis pareto maka didapatkan bahwa unit subsistem/komponen yang memberikan kontribusi kerusakan yang paling banyak yaitu: *ballmill a*, *ballmill b*, *bottom ash*, *coal feeder a*, *boiler*, *hydrolic*, *soot blower l3*, *coal feeder b*.
- Dari kedelapan komponen yang menyebabkan kerusakan paling banyak memiliki keandalan diantaranya *Ballmill A* (29.01%), *ballmill b* (37.250%), *bottom ash a* (41.604%), *coal feeder a*

- 197 A.Z. Sultan, M. A. Suyuti, Tanhar Bin Naim, Arya A. Amiruddin. *Peningkatan Ketersediaan Waktu Operasi Pada Mesin Boiler Berdasarkan Down Time Dengan Pendekatan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus PT. Dian Swastika Sentosa, Tbk*

(35.282%), boiler (38.275%), hydrolic (20.236%), soot blower l3 (16.019%), coal feeder b (35.915%)

- c. Adapun karakteristik laju kegagalan kedelapan komponen tersebut untuk *ballmill a* cenderung meningkat, *ballmill b* cenderung konstan, *bottom ash a* cenderung meningkat, *coal feeder b* cenderung konstan, *boiler* cenderung konstan, *hydrolic* cenderung meningkat, *soot blower l3* cenderung meningkat, *coal feeder b* cenderung menurun.
- d. Rata-rata antar kegagalan antar subsistem untuk kedelapan komponen tersebut *ballmill a* 756.071 (jam), *ballmill b* 815.026 (jam), *bottom ash a* 1098.740 (jam), *coal feeder a* 1606.615 (jam), *boiler* 1634.346 (jam), *hydrolic* 1847.355 (jam), *soot blower* 2853.996 (jam), *coal feeder b* 1864.883 (jam).
- e. Usulan perawatan dengan metode RCM diharapkan dapat menerapkan perawatan berupa penjadwalan inspeksi dan penggantian komponen berdasarkan berdasarkan MTBF agar dapat meminimalisir terjadinya kerusakan yang dapat menghambat peroses produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Levitt, *The handbook of maintenance management*. Industrial Press Inc., 2009.
- [2] S. Assauri, *Manajemen produksi dan operasi*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 2018.
- [3] A. K. S. Jardine and A. H. C. Tsang, *Maintenance, replacement, and reliability: theory and applications*. CRC press, 2013.
- [4] M. Rusdi, M. A. Suyuti, P. H. Aditya, and S. Suryono, "Analisis Penentuan Interval Waktu Perawatan Finish Mill Berdasarkan Downtime Pada PT. Semen Tonasa," *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 15, no. 1, pp. 1–17, 2019.
- [5] J. Moubray, *Reliability-centered maintenance*. Industrial Press Inc., 2001.
- [6] C. E. Ebeling, *An introduction to reliability and maintainability engineering*. Tata McGraw-Hill Education, 2004.
- [7] A. Z. Sultan, "Analisis Reliabilitas sebagai Strategi Pencegahan Kerusakan Unit Galvanizing PT. Sermani Steel," *Poli Rekayasa*, vol. 4, no. 2, pp. 85–94, 2009.
- [8] A. S. Muhammad and N. Rusdi, "Determining Interval Time of Maintenance in Bosowa Cement Indonesia using Reliability Method," *Intek (Informasi Teknol. J. Penelit.*, vol. 3, no. 2, pp. 62–65, 2016.
- [9] A. Garg and S. G. Deshmukh, "Maintenance management: literature review and directions," *J. Qual. Maint. Eng.*, 2006.