

PENENTUAN JADWAL PERAWATAN MESIN POMPA MELALUI ANALISIS KEANDALAN PADA PDAM GUNUNG LIPAN, SAMARINDA SEBERANG, KALIMANTAN TIMUR

Fathiruddin Ilwan, Fatkhul Hani Rumawan, Lina Dianati Fathimahhayati

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jalan Sambaliung No. 9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda

*Email: fathiruddin.ilwan@gmail.com, f_hani_r@yahoo.co.id, linadianatif@gmail.com

Abstrak

PDAM Gunung Lipan Samarinda Seberang adalah perusahaan yang menyediakan pasokan air minum di Samarinda. Salah satu bagian yang penting dalam proses produksi air adalah pompa mesin. Jenis mesin pompa yang digunakan dalam PDAM Gunung Lipan Samarinda Seberang adalah Grundfos I, Grundfos II, dan Grundfos III. Semakin sering mesin pompa digunakan, maka akan semakin dapat menurunkan kinerja pompa. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu untuk penelitian tentang penentuan jadwal pemeliharaan untuk mesin pompa. Penelitian ini dimulai dengan menghitung *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) pada setiap mesin. Selanjutnya, menghitung keandalan setiap mesin dengan mempertimbangkan distribusi probabilitas kegagalan mesin. Tahap terakhir adalah menentukan jadwal pemeliharaan di setiap mesin memompa berdasarkan perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa keandalan Grundfos I adalah 0.705 di hari ke-16 dari operasi. Keandalan Grundfos II adalah 0.700 pada hari ke-24 dari operasi, sementara itu, keandalan Grundfos III adalah 0.703 pada hari ke-19 dari operasi. Jadwal pemeliharaan untuk mesin Grundfos adalah maksimum setiap 45 hari dengan waktu perbaikan maksimum adalah 2.834 jam. Jadwal pemeliharaan untuk mesin Grundfos II adalah maksimum setiap 47 hari dengan waktu perbaikan maksimum adalah 1.001 jam, sementara jadwal pemeliharaan untuk mesin Grundfos III maksimum setiap 53 hari dengan waktu perbaikan maksimum adalah 6.203 jam.

Kata Kunci : waktu pemeliharaan, mesin pompa, keandalan, PDAM

Abstract

PDAM Gunung Lipan Samarinda Seberang is a company which provides drinking water supply in Samarinda. One of important machines in the water production process is the pump. The types of pump that used in PDAM Gunung Lipan Samarinda Seberang are Grundfos I, Grundfos II, and Grundfos III. The more frequent the pumping machine is used, the more degrading the performance of the pumps. Based on these problems, it is necessary to research on the determination of the maintenance schedule for the pumping machine. The research begins by calculating *Time To Failure* (TTF) and *Time To Repair* (TTR) on each machine. Furthermore, it calculates the reliability of each machine by considering the probability distribution of machine's failure. Then it determines the schedule of the maintenance in each pumping machine based on the calculation of the *Mean Time Between Failure* (MTBF) and the *Mean Time To Repair* (MTTR). The results show that the reliability of Grundfos I is 0.705 in the 16th day of the operation, the reliability of Grundfos II is 0.700 in the 24th day of the operation, while the reliability of Grundfos III is 0.703 in the 19th day of the operation. The maintenance schedule for the Grundfos I machine is maximum every 45 days by a maximum repair time of 2.834 hours, the maintenance schedule for the Grundfos II machine is maximum every 47 days by the maximum repair time of 1.001 hours, while the maintenance schedule for the Grundfos III machine is maximum every 53 days by a maximum repair time of 6.203 hours.

Keywords: maintenance time, pump, reliability, PDAM

1. Pendahuluan

PDAM Gunung Lipan merupakan salah satu Badan Usaha Pemerintah Daerah di Samarinda Seberang, Kalimantan Timur yang bergerak di bidang pelayanan jasa dan pelayanan air minum. Tujuan utama PDAM adalah memberikan pelayanan kepada masyarakat akan kebutuhan air bersih. Salah satu alat penunjang dalam memenuhi pelayanan akan kebutuhan air bersih tersebut adalah mesin pompa.

Mesin pompa adalah suatu alat mesin untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lain melalui media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Mesin pompa merupakan alat yang penting yang digunakan di dalam menjalankan proses produksi air minum. Semakin sering mesin pompa tersebut digunakan, maka akan menurunkan kinerja daripada kemampuan pompa tersebut, kemudian membutuhkan pula penggantian komponen dalam mesin pompa, terlebih jika digunakan untuk mengerjakan proses produksi air yang melebihi kapasitas yang sebenarnya.

Penurunan kondisi mesin inilah yang menjadi masalah yang dihadapi oleh PDAM. Sistem perawatan di PDAM Gunung Lipan Samarinda Seberang kurang memperhatikan keandalan mesin dimana jika terjadi kerusakan maka hanya akan mengganti komponen yang rusak tanpa memperhatikan kondisi mesin apakah masih dapat beroperasi sesuai dengan harapan atau tidak. Jika terjadi kerusakan yang tiba-tiba pada salah satu mesin pompa distribusi yang digunakan oleh Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gunung Lipan Samarinda Seberang, maka akan berakibat pada menurunnya distribusi air yang dapat disalurkan kepada masyarakat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan jadwal perawatan mesin. Selain itu, perlu pula diketahui tingkat keandalan mesin karena dengan mengetahui keandalan mesin, teknisi dapat mengetahui apakah mesin yang digunakan masih dapat bekerja secara optimal pada hari yang telah ditentukan atau tidak.

2. Kajian Pustaka

Menurut Kurniawan (2013), perawatan (*maintenance*) adalah aktivitas pemeliharaan, perbaikan, penggantian, pembersihan, penyetelan dan pemeriksaan terhadap objek yang dirawat. Konsep ini berawal dari keinginan manusia untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan terhadap objek yang dimilikinya, sehingga dapat memenuhi kebutuhan manusia, dapat berfungsi dengan baik dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang diinginkan. Selain itu perawatan juga berawal dari keinginan manusia untuk memiliki sistem yang lebih teratur, rapih, bersih dan fungsional. Menurut Ansori dkk (2013), perawatan atau pemeliharaan adalah konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas/mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya.

Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen perawatan menurut Japan Institute of Plan Maintenance dan Consultant TPM India, secara detail disebutkan sebagai berikut; memperpanjang umur pakai fasilitas produksi, menjamin tingkat ketersediaan optimum dari fasilitas produksi, menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat, menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas, mendukung kemampuan mesin dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan fungsinya, membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut, mencapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin dengan melaksanakan kegiatan maintenance secara efektif dan efisien, dan mengadakan kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan sebesar-besarnya dan total biaya yang rendah (Mishra, 2006, Smith R, 2012)

3. Metodologi Penelitian

Objek yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah mesin pompa Grundfos I, mesin pompa Grundfos II dan mesin pompa Grundfos III yang terdapat di PDAM IPA Gunung Lipan Samarinda Seberang, Kalimantan Timur. Data yang digunakan adalah data kerusakan dan perbaikan

mesin pompa distribusi air IPA Gunung Lipan Samarinda Seberang mulai bulan Januari 2013 hingga bulan April 2015. Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, data tersebut diolah. Langkah pertama dalam pengolahan data adalah menghitung interval waktu antar kerusakan atau *Time To Failure* (TTF) yaitu perhitungan waktu antar perbaikan berdasarkan data selang waktu antara suatu kerusakan yang telah diperbaiki sampai terjadi kerusakan berikutnya dan waktu antar perbaikan atau *Time To Repair* (TTR) yaitu perhitungan waktu antar perbaikan berdasarkan data lama waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu mesin hingga dapat beroperasi kembali.

Langkah kedua adalah menentukan jenis distribusi data TTF dan TTR berdasarkan nilai *index of fit* tertinggi. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai keandalan dari masing-masing mesin distribusi air yang dimiliki IPA Gunung Lipan Samarinda Seberang. Menurut Ansori dkk (2013), keandalan didefinisikan sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu. Fungsi keandalan adalah suatu fungsi matematis yang menggambarkan fungsi kerusakan. Beberapa fungsi kerusakan adalah distribusi eksponensial, lognormal, normal dan Weibull.

Langkah selanjutnya adalah menghitung interval waktu perawatan pada masing-masing mesin distribusi air yang dimiliki IPA Gunung Lipan Samarinda Seberang berdasarkan nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR).

4. Hasil dan Pembahasan

Data kerusakan mesin pompa distribusi Grundfos I, II dan III pada periode Januari 2013 hingga April 2015 IPA Gunung Lipan Samarinda Seberang disajikan pada Tabel 1-3. Perhitungan *Time To Repair* (TTR) dan *Time To Failure* (TTF) pada mesin pompa Grundfos I,II dan III dapat dilihat pada Tabel 4-6.

Tabel 1. Daftar waktu kerusakan mesin pompa distribusi Grundfos I

No	Tanggal	Waktu Downtime (Jam)
1	17 Desember 2012	3
2	11 Februari 2013	10
3	11 April 2013	3
4	24 April 2013	5
5	13 Mei 2013	3
6	30 Mei 2013	2
7	25 Juni 2013	3
8	06 Juli 2013	2
9	03 September 2013	3
10	17 Oktober 2013	10
11	23 Oktober 2013	3
12	24 Oktober 2013	3
13	15 Januari 2014	2
14	17 Februari 2014	3
15	08 April 2014	2
16	24 April 2014	5
17	03 Juni 2014	2
18	05 Agustus 2014	2
19	12 Agustus 2014	2
20	07 Oktober 2014	2
21	02 Desember 2014	2
22	29 April 2015	3

Tabel 2. Daftar waktu kerusakan mesin pompa distribusi Grundfos II

No	Tanggal	Waktu Downtime (Jam)
1	17 Desember 2012	3
2	11 April 2013	3
3	24 April 2013	11
4	30 Mei 2013	2
5	19 Agustus 2013	2
6	03 September 2013	3
7	24 Oktober 2013	3
8	15 Januari 2014	2
9	22 Januari 2014	10
10	18 Maret 2014	15
11	08 April 2014	2
12	03 Juni 2014	2
13	16 Juni 2014	42
14	05 Agustus 2014	2
15	12 Agustus 2014	2
16	07 Oktober 2014	2
17	02 Desember 2014	2
18	27 Januari 2015	12
19	02 Maret 2015	2
20	29 April 2015	3

DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Tabel 3. Daftar waktu kerusakan mesin pompa distribusi Grundfos III

No	Tanggal	Waktu Downtime (Jam)
1	17 Desember 2012	3
2	11 April 2013	3
3	24 April 2013	2
4	30 Mei 2013	2
5	05 Juni 2013	3
6	18 Juni 2013	3
7	03 September 2013	3
8	24 Oktober 2013	3
9	15 Januari 2014	2
10	08 April 2014	2
11	03 Juni 2014	2
12	12 Agustus 2014	2
13	25 Agustus 2014	20
14	07 Oktober 2014	2
15	30 Oktober 2014	10
16	02 Desember 2014	2
17	29 April 2015	3

Tabel 4. Perhitungan *time to repair* (TTR) dan *time to failure* (TTF) mesin pompa Grundfos I

No	Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)
1	17 Desember 2012	3	0
2	11 Februari 2013	10	1.341
3	11 April 2013	3	1.406
4	24 April 2013	5	309
5	13 Mei 2013	3	451
6	30 Mei 2013	2	405
7	25 Juni 2013	3	622
8	06 Juli 2013	2	261
9	03 September 2013	3	1.414
10	17 Oktober 2013	10	1.053
11	23 Oktober 2013	3	134
12	24 Oktober 2013	3	21
13	15 Januari 2014	2	1.989
14	17 Februari 2014	3	790
15	08 April 2014	2	1.197
16	24 April 2014	5	382
17	03 Juni 2014	2	955
18	05 Agustus 2014	2	1.510
19	12 Agustus 2014	2	166
20	07 Oktober 2014	2	1.342
21	02 Desember 2014	2	1.342
22	29 April 2015	3	3.550

Tabel 5. Perhitungan *Time To Repair* (TTR) dan *Time To Failure* (TTF) mesin pompa Grundfos II

No	Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)
1	17 Desember 2012	3	0
2	11 April 2013	3	2.757
3	24 April 2013	11	309
4	30 Mei 2013	2	853
5	19 Agustus 2013	2	1.942
6	03 September 2013	3	358
7	24 Oktober 2013	3	1.221
8	15 Januari 2014	2	1.989
9	22 Januari 2014	10	166
11	08 April 2014	2	489
12	03 Juni 2014	2	1.342
13	16 Juni 2014	42	310
14	05 Agustus 2014	2	1.158
15	12 Agustus 2014	2	166
16	07 Oktober 2014	2	1.342
17	02 Desember 2014	2	1.342
18	27 Januari 2015	12	1.342
19	02 Maret 2015	2	804
20	29 April 2015	3	1.390

Tabel 6. Perhitungan *Time To Repair* (TTR) dan *time to failure* (TTF) mesin pompa Grundfos III

No	Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)
1	17 Desember 2012	3	0
2	11 April 2013	3	2.757
3	24 April 2013	2	309
4	30 Mei 2013	2	862
5	05 Juni 2013	3	142
6	18 Juni 2013	3	309
7	03 September 2013	3	1.845
8	24 Oktober 2013	3	1.221
9	15 Januari 2014	2	1.989
10	08 April 2014	2	1.990
11	03 Juni 2014	2	1.342
12	12 Agustus 2014	2	1.678
13	25 Agustus 2014	20	310
14	07 Oktober 2014	2	1.012
15	30 Oktober 2014	10	550
16	02 Desember 2014	2	782
17	29 April 2015	3	3.550

Adapun langkah-langkah perhitungan *Time To Repair* (TTR) pada mesin pompa Grundfos I,II dan III adalah dengan menghitung selisih waktu antara dari mulai mesin rusak hingga mesin selesai diperbaiki dan dapat beroperasi kembali. Misalnya kerusakan mesin terjadi pada 17 Desember 2012 dan mengalami perbaikan selama

3 jam. Pada perhitungan *Time to Repair* (TTR) selanjutnya juga dilakukan perhitungan yang sama.

Langkah-langkah perhitungan untuk *Time To Failure* (TTF) pada mesin pompa Grundfos I,II dan III adalah dengan menghitung selisih waktu antara mesin beroperasi kembali sampai mesin mengalami kerusakan kembali. Adapun contoh perhitungannya adalah pada tanggal 17 Desember 2012 mesin mengalami kerusakan selama 3 jam. Waktu antar kerusakan mulai pada tanggal 17 Desember 2012 hingga 11 Februari 2013 adalah 56 hari atau 1.344 jam. Dari data ini waktu antar kerusakan mulai tanggal 17 Desember 2012 hingga tanggal 11 Februari 2013 adalah $1344 - 3 = 1.341$ jam.

Berdasarkan data *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) yang didapat, maka selanjutnya ditentukan jenis distribusi yang paling tepat untuk jenis data tersebut berdasarkan nilai *index of fit*. Jenis distribusi yang tepat untuk *Time To Failure* (TTF) dapat dilihat pada Tabel 7, sedangkan jenis distribusi yang tepat untuk *Time To Repair* (TTR) dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Rekapitulasi perhitungan index of fit TTF pada masing-masing mesin pompa

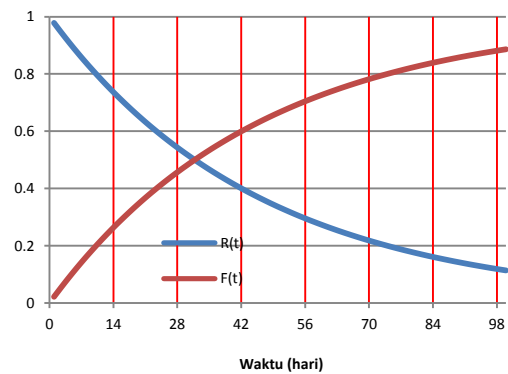
Mesin	Distribusi	Index of fit
Grundfos I	Weibull	0,979
Grundfos II	Weibull	0,968
Grundfos III	Eksponensial	0,987

Tabel 8. Rekapitulasi perhitungan index of fit TTR pada masing-masing mesin pompa

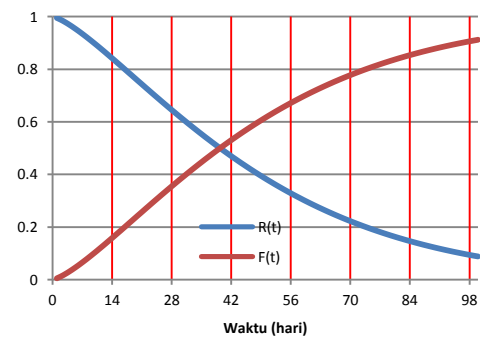
Mesin	Distribusi	Index of fit
Grundfos I	Eksponensial	0,913
Grundfos II	Eksponensial	0,881
Grundfos III	Eksponensial	0,841

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa $R(t)$ atau keandalan dari sebuah mesin yang semakin berkurang dari hari ke hari. Fungsi distribusi kumulatif $F(t)$ yang merupakan peluang terjadinya kerusakan dari mesin ini dapat dikatakan masih dapat berfungsi dengan baik pada pengoperasian sampai dengan hari ke-16

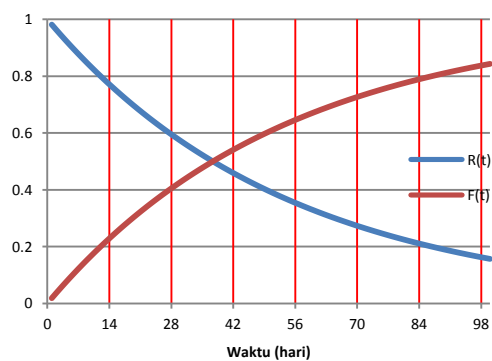
dengan keandalan 0.705. Keandalan mesin pompa Grundfos II semakin berkurang dari hari ke hari dan peluang terjadinya kerusakan dapat dikatakan masih dapat berfungsi dengan baik pada pengoperasian sampai dengan hari ke-24 dengan keandalan 0.700. Untuk mesin pompa, pola keandalannya mirip dengan kasus sebelumnya dimana peluang terjadinya kerusakan dapat dikatakan masih dapat berfungsi dengan baik pada pengoperasian sampai dengan hari ke-19 dengan keandalan 0.703.



Gambar 1. Keandalan mesin pompa Grundfos I



Gambar 2. Keandalan mesin pompa Grundfos II



Gambar 3. Keandalan mesin pompa Grundfos III

Dari perhitungan sebelumnya dapat diketahui distribusi yang terpilih untuk waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan. Setelah distribusi dari *index of fit* diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai MTBF dan MTTR. Hasil distribusi terpilih untuk data TTF pada mesin adalah distribusi Weibull. Sebelum mencari nilai MTBF maka perlu dicari nilai absis (a) dan ordinat (b). Adapun perhitungan nilai a dan b dapat di hitung sebagai berikut: (Kristinawati, 2001, Mishra, 2006)

$$a = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad (1)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (2)$$

Setelah menghitung a dan b, selanjutnya menghitung parameter β dan θ untuk distribusi Weibull dengan persamaan : (Mishra, 2006)

$$\beta = a \quad (3)$$

$$\theta = e^{\left(\frac{-b}{a}\right)} \quad (4)$$

Untuk nilai Γx dapat dilihat pada tabel *Gamma Function*. Adapun perhitungan MTBF untuk mesin dapat dihitung sebagai berikut: (Kristinawati, 2001)

$$MTBF = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (5)$$

Hasil distribusi terpilih untuk data MTTR pada mesin adalah distribusi eksponensial. Notasi μ merupakan rata-rata waktu reparasi yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad (6)$$

Adapun perhitungan MTTR untuk mesin dapat dihitung sebagai berikut: (Kristinawati, 2001)

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \quad (7)$$

Tabel 9. Rekapitulasi nilai MTBF dan MTTR pada masing-masing mesin pompa

Mesin	MTBF (jam)	MTTR (jam)
Grundfos I	1.102,282	2,834
Grundfos II	1.137,547	12,001
Grundfos III	1.294,688	6,203

Usulan perawatan mesin pompa didasarkan dari nilai MTBF dan MTTR yang didapat. Hal ini berguna untuk perawatan agar mesin tidak mengalami kerusakan secara tiba-tiba. Mesin dengan nilai keandalan diatas 0.7 dapat dikatakan masih dapat berfungsi dengan baik. Pada mesin pompa Grundfos I, mesin masih dapat berfungsi dengan baik pada pengoperasian sampai dengan hari ke-16 dengan keandalan 0.705. Waktu antar kerusakan pada mesin pompa Grundfos I berdistribusi Weibull didapatkan nilai MTBF sebesar 1.102,282 jam. Artinya mesin dapat bekerja dalam waktu selama 1.102,282 jam atau 45,928 hari dan harus sudah dilakukan perawatan pencegahan pada maksimal pengoperasian 1.102,282 jam atau 45,928 \approx 45 hari agar mesin tidak mengalami kerusakan secara tiba-tiba. Untuk MTTR nilai yang didapatkan berdistribusi eksponensial sebesar 2,834 jam. Hal ini memiliki arti bahwa perbaikan harus dilakukan maksimal selama 2,834 jam.

Pada mesin pompa Grundfos II, mesin masih dapat berfungsi dengan baik pada pengoperasian sampai dengan hari ke-24 dengan keandalan 0.700. Waktu antar kerusakan pada mesin pompa Grundfos II berdistribusi weibull didapatkan nilai MTBF sebesar 1.137,547 jam. Artinya mesin dapat bekerja dalam waktu selama 1.137,547 jam atau 47,398 hari dan harus sudah dilakukan perawatan pencegahan pada maksimal pengoperasian 1.137,547 jam atau 47,398 \approx 47 hari agar mesin tidak mengalami kerusakan secara tiba-tiba. Untuk MTTR nilai yang didapatkan berdistribusi eksponensial sebesar 12,001 jam yang berarti perbaikan harus dilakukan maksimal selama 12,001 jam.

Pada mesin pompa Grundfos III, mesin masih dapat berfungsi dengan baik pada pengoperasian sampai dengan hari ke-19 dengan keandalan 0.703. Waktu antar kerusakan pada mesin pompa Grundfos III berdistribusi Weibull didapatkan nilai MTBF sebesar 1.294,688 jam. Artinya mesin dapat bekerja dalam waktu selama 1.294,688 jam atau 53,945 hari dan harus sudah dilakukan perawatan pencegahan pada maksimal pengoperasian 1.294,688 jam atau 53,945 \approx 53 hari agar mesin tidak mengalami kerusakan secara tiba-tiba. Untuk MTTR nilai yang didapatkan berdistribusi eksponensial sebesar 6,203 jam, yang berarti perbaikan harus dilakukan maksimal selama 6,203 jam.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan hasil analisa data maka dapat disimpulkan bahwa nilai keandalan pada mesin pompa Grundfos I adalah 0.705 pada pengoperasian sampai dengan hari ke-16. Nilai keandalan pada mesin pompa Grundfos II adalah 0.700 pada pengoperasian sampai dengan hari ke-24 dan nilai keandalan pada mesin pompa Grundfos III adalah 0.703 pada pengoperasian sampai dengan hari ke-19. Jadwal perawatan mesin pompa Grundfos I maksimal setiap 45 hari, sedangkan mesin pompa Grundfos II harus sudah dilakukan perawatan pada maksimal setiap pengoperasian 47 hari dan mesin pompa Grundfos III harus sudah dilakukan perawatan maksimal setiap 53 hari.

Daftar Pustaka

- Ansori, N., & Mustajib, M.I., 2013, "*Sistem Perawatan Terpadu*", Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kristinawati, E., 2001, "*Penentuan Interval Perawatan Mesin Produksi Untuk Meningkatkan Availability Melalui Analisis Keandalan*", Jurnal Teknik Industri, Vol.2, No.1, 2001, Hal 36-46.
- Kurniawan, F., 2013, "*Manajemen Perawatan Industri*", Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Mishra RC, 2006, "*Reliability and Maintenance Engineering*"
- Smith R , Mobley KR, 2012, "*Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers*"
1st Edition

DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin
