ISSN: 2339-2541
JURNAL GAUSSIAN, Volume 3, Nomor 2, Tahun 2014, Halaman 243 - 252
Online di: http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian

KAJIAN RELIABILITAS DAN AVAILABILITAS PADA SISTEM KOMPONEN PARALEL

Riana Ayu Andam P.[1], Sudarno[2], Suparti[3]
[1]Mahasiswa Jurusan Statistika FSM UNDIP
[2,3]Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM UNDIP

ABSTRACT

Reliability and availability are a measure of item or system performance. System reliability and system availability obtained from the calculation of reliability and availability of the components in the system. Reliability of components in the system are affected by the time to failure (TTF). While the availability of components in the system are affected by the mean time to failure (MTTF) and mean time to repair (MTTR). Given observed time data of lifting machines consists of trolley drive and hoist in parallel, is measured its system availability. Parameter values determined using simple linear regression and maximum likelihood estimation. Furthermore observation time test data distributions in the Kolmogorov-Smirnov test. Trolley drive has exponential distribution for failure time data with $\hat{\lambda} = 0{,}00023$ while repair time data is normal distribution with $\hat{\mu} = 45{,}70$ and $\hat{\sigma} = 13{,}1356$. Hoist has weibull failure time data with $\hat{\beta} = 1{,}6059$ and $\hat{\eta} = 6497{,}8893$ while lognormal repair time data has $\hat{\mu}_l = 3{,}7717$ and $\hat{\sigma}_l = 0{,}7948$. The higer value of $t_{i,}$system reliability value will be close to 0 and the engine can survive until the specified time. Due to MTTF is 4000 hours and MTTR is 45,70 hours, trolley drive's availability is 98,87%. Availability of hoist is 98,84% from MTTF is 5821,61 hours and MTTR is 67,80 hours. The parallel system availability is 99,986% means the probability of system is in the state of functioning at given time is 99,986%.

Keywords : Reliability, Availability, MTTF, MTTR, Parallel, Maximum Likelihood Estimator.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dapat disusun sebuah sistem mesin dengan menyusun komponen-komponen mesin menjadi sebuah kesatuan. Namun, kesatuan yang telah diperoleh itu dapat diterapkan sebagai sebuah bagian atau sebuah komponen lagi dari sistem yang lebih besar (Hagendoorn, 1989). Untuk membuat sebuah mesin dibutuhkan komponen-komponen yang terangkai dan terintegrasi secara tepat. Tujuan dari proses rancangan mesin adalah untuk mendapatkan desain faktor yang tepat, sehingga dapat dipastikan komponen yang terangkai aman (Mott, 1985).

Sistem adalah kumpulan dari komponen-komponen, subsistem atau rakitan yang disusun dalam pola tertentu untuk memperoleh fungsi yang diinginkan dengan kinerja dan reliabilitas yang dapat diterima. Terdapat beberapa jenis rangkaian sistem, salah satunya sistem paralel (Kumar, et al., 2006). Pada dunia industri, salah satu mesin yang bekerja dalam sistem paralel adalah mesin pengangkat. Mesin pengangkat digunakan untuk mengangkat, memindahkan serta menurunkan suatu benda ke tempat lain dengan jangkauan operasi terbatas. Mesin pengangkat terdiri dari motor troli dan motor penggerak naik turun. Sistem paralel adalah sistem dimana kegagalan sistem hanya akan terjadi ketika semua komponen dalam sistem gagal (Kumar, et al., 2006).

Kegagalan sistem terjadi pada saat item (mesin) berhenti menjalankan fungsi yang diperlukan. Kegagalan juga dapat diklasifikasikan menjadi kegagalan mendadak dan kegagalan bertahap (Birolini, 2007). Ketika suatu mesin gagal atau mengalami kerusakan, maka diperlukan suatu pemeliharaan agar mesin dapat bekerja kembali. Ada dua jenis pemeliharaan, yaitu preventive maintenance dan corrective maintenance (Blischke dan Murthy, 2003).

Suatu sistem yang gagal tidak menguntungkan bagi penggunanya bahkan dapat merugikan dari segi biaya. Dengan adanya kerugian yang disebabkan tersebut, para pengguna sistem berkeinginan untuk dapat memastikan bahwa sistem akan tetap berjalan hingga tuntutan waktu yang diberikan. Peralatan-peralatan manufaktur yang digunakan seharusnya dapat menjamin bahwa ukuran reliabilitas dan pemeliharaan yang telah ditetapkan oleh pengguna dapat tercapai selama proses produksi sehingga ukuran availabilitas peralatan-peralatan tersebut tercapai..Reliabilitas adalah kemampuan suatu produk atau item yang diperlukan untuk mempertahankan sistem selama jangka waktu tertentu di bawah kondisi operasi. Availabilitas adalah ukuran dari kinerja sistem dan ukuran efek gabungan dari reliabilitas, pemeliharaan dan dukungan logistiknya pada efektivitas operasional sistem (Kumar, et al., 2006).

1.2 Permasalahan

Kinerja suatu sistem dapat dilihat berdasarkan waktu yang dicapai masing-masing komponen dari awal bekerja hingga mengalami kerusakan dan lama waktu yang dibutuhkan komponen tersebut untuk diperbaiki. Sehingga dengan adanya kedua waktu tersebut dapat digunakan untuk mengukur availabilitas sistem. Untuk mengukur reliabilitas sistem dibutuhkan waktu kegagalan.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menentukan distribusi waktu kegagalan dan waktu perbaikan komponen.
2. Mencari estimator parameter dari distribusi waktu kegagalan dan waktu perbaikan komponen.
3. Mengukur reliabilitas komponen yang terangkai dalam sistem paralel
4. Menghitung rata-rata waktu kegagalan (MTTF) dan rata-rata waktu perbaikan (MTTR) komponen.
5. Mengukur availabilitas komponen yang terangkai dalam sistem paralel.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ruang Sampel

Ruang sampel merupakan himpunan semua hasil yang diperoleh dari suatu eksperimen dan dilambangkan dengan S. Anggota dalam ruang sampel dinamakan titik sampel. Kejadian adalah himpunan bagian dari ruang sampel. Himpunan kosong adalah himpunan bagian ruang sampel yang tidak mengandung unsur. Himpunan ini dinyatakan dengan lambang $\emptyset$. (Walpole, et al., 2012)

2.2 Distribusi Peluang

Terdapat dua distribusi peluang, yaitu distribusi peluang distkrit dan distribusi peluang kontinyu.

Fungsi distribusi kumulatif *F(x)* suatu peubah acak X yang memiliki distribusi peluang diskrit adalah (Walpole, et al., 2012)

$$F(x) = \mathrm{P}(\mathrm{X} \le \mathrm{x}) = \sum_{\mathrm{t} \le \mathrm{x}} \mathrm{f}(\mathrm{t})$$

Fungsi distribusi kumulatif $F(x)$ suatu peubah acak X yang memiliki distribusi peluang kontinyu adalah (Walpole, et al., 2012)

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^{x} f(t)dt$$

2.3 Distribusi Peluang Kontinyu

Jika variabel T adalah data waktu pengamatan, maka variabel T memiliki distribusi peluang kontinyu. Distribusi data yang termasuk distribusi peluang kontinyu adalah (Kumar, et al., 2006)

Tabel 2.1 Tabel Distribusi Peluang Kontinyu

Distribusi	Fungsi Densitas f(t)	Fungsi Distribusi F(t)	Rataan E(t)
Eksponensial	$\lambda \exp(-\lambda t)$; $t \geq 0$	$1 - \exp(-\lambda t)$	$\frac{1}{\lambda}$
Weibull	$\frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}\right]$; $\eta, \beta \geq 0; t > 0$	$1 - \exp - \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}$	$\eta \times \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$
Normal	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$	$\Phi(z) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$	μ
Lognormal	$\frac{1}{t\sigma_l\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t-\mu_l}{\sigma_l}\right)^2\right)$; $t \geq 0$	$\Phi\left(\frac{\ln a-\mu_l}{\sigma_l}\right)$	$\exp\left(\mu_l + \frac{1}{2}\sigma_l^2\right)$

2.4 Uji Kolmogorov-Smirnov

Langkah-langkah uji Kolmogorov-Smirnov sebagai berikut (Daniel, 1989) :

1. Menentukan hipotesis
   H_0 : distribusi yang diamati sama dengan distribusi yang diduga
   H_1 : distribusi yang diamati tidak sama dengan distribusi yang diduga
2. Menentukan taraf signifikansi
   Disini akan digunakan interval kepercayaan (1-α)100% dengan taraf signifikansi α=5%
3. Statistik uji
   $D = Sup_x|S(x) - F_0(x)|$
   S(x) : Distribusi frekuensi kumulatif data sampel
   $F_0(x)$: Distribusi kumulatif dari distribusi yang dihipotesiskan
4. Kriteria uji
   Nilai supremum yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan tabel Kolmogorov-Smirnov. Jika nilai D lebih besar dari nilai tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

2.5 Regresi Linier Sederhana

Dengan menentukan model regresi liner dapat diperoleh beberapa kegunaanya sebagai berikut (Kumar, et al., 2006)

1. Memeriksa apakah terdapat hubungan linier antara variabel dependen dan variabel independen,
2. Memprediksi nilai variabel terikat atau $\hat{Y}$,
3. Mengestimasikan konstanta 'α' dan koefisien 'β' dari model $Y = \alpha + \beta X + e$.

Pada analisis reliabilitas, X adalah waktu pengamatan dan Y adalah fungsi linier X. Fungsi distribusi kumulatif nantinya diestimasi menggunakan Bernard's *median rank*, karena memiliki pendekatan terbaik untuk mengetimasi $\hat{F}(t_i)$ (Abernethy 1993 dan Kumar et. al. 2006), yaitu

$$\hat{F}(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4}$$

Nilai dari konstanta a dan koefisien b diestimasi menggunakan metode *least square* atau metode kuadrat terkecil. Sehingga nilai konstanta a dan koefisien b adalah (Kumar, et al., 2006)

$$a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_i - \frac{b}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i$$

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(X_iY_i) - \sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i}{n\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}$$

Apabila pada kasus tertentu nilai konstanta a = 0, maka koefien b adalah

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_iY_i)}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2}$$

2.6 *Maximum Likelihood Estimator* (MLE)

Misalkan $f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$ merupakan fungsi densitas dari variabel *acak* $X_1, X_2, \dots, X_n$ dan misalkan θ merupakan parameter fungsi densitas, maka fungsi likelihood dari θ dinotasikan dengan $L(\theta)$ (Bain dan Engelhardt, 1992).

Jika $X_1, X_2, \dots, X_n$ merupakan sampel acak $f(x; \theta)$, fungsi likelihood didefinisikan dengan $L(\theta) = f(x_1, \theta) \dots f(x_n, \theta) = \prod_{i=1}^{n} f(x_i; \theta)$. Bila θ adalah anggota suatu selang terbuka dan $L(\theta)$ terdiferensial serta mempunyai suatu nilai maksimum pada selang tersebut, maka estimator *maksimum likelihood* (MLE) adalah suatu penyelesaian dari persamaan *maksimum likelihood* (Bain dan Engelhardt, 1992)

$$\frac{d(L(\theta))}{d\theta} = 0$$

Beberapa nilai dari θ yang memaksimumkan $L(\theta)$ juga akan memaksimumkan $\ln L(\theta)$, maka untuk perhitungan yang cepat, sebagai bentuk alternatif dari persamaan *maksimum likelihood* adalah

$$\frac{d(\ln L(\theta))}{d\theta} = 0$$

2.7 Reliabilitas dari Sistem

Reliabilitas adalah kemampuan suatu produk atau item yang diperlukan untuk mempertahankan sistem selama jangka waktu tertentu (atau waktu misi) di bawah kondisi operasi. Jika TTF merupakan variabel acak waktu kegagalan dengan sistem kegagalan (fungsi distribusi kumulatif) F(t), maka reliabilitas sistem R(t) diberikan oleh (Kumar, et al., 2006):

$$R(t) = P\{sistem\ pasti\ hidup\ selama\ [0, t]\} = 1 - F(t)$$

Dengan asumsi bahwa kegagalan komponen yang independen, reliabilitas sistem dapat diperoleh sebagai berikut (Kumar, et al., 2006):

$$R_s(t) = 1 - F_s(t)$$

Terdapat berbagai jenis sistem dan salah satunya adalah sistem paralel. Untuk mengukur nilai reliabilitas sebuah sistem paralel dengan n item digunakan sistem sebagai berikut:

$$R_S(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n}\left(1 - R_i(t)\right)$$

2.8 Rata-rata Waktu Kegagalan dan Rata-rata Waktu Perbaikan

Rata-rata waktu dapat digunakan sebagai alat ukur untuk mengetahui performa suatu alat. Dalam perhitungan availabilitas menggunakan *mean time to failure* dan *mean time to repair*. *Mean time to failure* (MTTF) menggambarkan variabel acak waktu kegagalan yang dimiliki suatu alat. *Mean time to repair* (MTTR) merupakan rata-rata dari waktu perbaikan suatu alat. Secara matematis, baik MTTF maupun MTTR dinyatakan dalam sistem yang sama yaitu dengan mencari nilai rataan sesuai dengan distribusi masing-masing (Kumar, et al., 2006):

$$E(T) = \int_0^\infty t\, f(t) dt$$

2.8 Availabilitas Sistem Paralel

Availabilitas merupakan ukuran performa suatu komponen atau sistem yang merupakan kombinasi antara reliabilitas, *maintenance*, dan dukungan logistik yang dimiliki komponen atau sistem tersebut. Para pengguna komponen atau sistem berkeinginan agar komponen atau sistem yang dibuat dapat bekerja pada waktu yang dikehendaki. Dengan adanya tuntutan tersebut, mereka melakukan pengukuran availabilitas. Jika pengguna melakukan pengukuran availabilitas pada sistem, maka disebut dengan availabilitas sistem. Terdapat berbagai jenis sistem dan salah satunya adalah sistem paralel. Untuk mengukur nilai availabilitas sebuah sistem paralel dengan n item digunakan sistem sebagai berikut (Kumar, et al., 2006):

$$A_s(t) = 1 - \prod_{k=1}^{n} [1 - A_i(t)] = 1 - \prod_{k=1}^{n} [1 - \frac{MTTF_i}{MTTF_i + MTTR_i}]$$

Dimana $A_i(t)$ adalah availabilitas item i yang dimiliki oleh suatu sistem.

$$A_i(t) = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR}$$

Sistem tersebut valid digunakan untuk berbagai sistem waktu kegagalan *F(t)* dan segala distribusi waktu perbaikan *G(t)* (Birolini, 2007).

Nilai availabilitas sistem yang telah diperoleh dapat dituangkan dalam bentuk persen (Kumar, et al., 2006).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data simulasi yang digunakan terdiri dari dua jenis item yang masing-masing memiliki waktu kegagalan dan waktu perbaikan dengan distribusi variabel masing-masing.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan adalah rangkaian mesin pengangkat yang memiliki komponen terdiri dari motor troli dan motor penggerak naik turun dalam sistem paralel. Masing-masing variabel diamati sebanyak 30 kali dengan distribusi data yaitu

1. **Waktu Kegagalan**
   Motor troli sebagai Komponen 1: distribusi eksponensial
   Motor penggerak naik turun sebagai Komponen 2: distribusi weibull
2. **Waktu Perbaikan**
   Komponen 1: distribusi normal
   Komponen 2: distribusi lognormal

3.3 Tahapan Analisis

Tahapan analisis terdiri dari langkah-langkah yang harus diambil agar tujuan dari penulisan tugas akhir ini tercapai. Terdapat tiga tahapan analisis yang harus diaplikasikan, yaitu

Tahap I : Uji data masing-masing variabel

a. Menentukan tipe data
b. Mengestimasi parameter data kegagalan dan perbaikan yang berdistribusi weibull dengan analisis regresi dan data yang berdistribusi eksponensial, normal, dan lognormal dengan MLE (Maximum Likelihood Estimator)
c. Uji distribusi dengan uji Kolmogorov-Smirnov

Tahap II : Menentukan titik reliabilitas sistem

a. Menghitung fungsi padat peluang $\mathrm{F(t)}$
b. Menghitung fungsi reliabilitas masing-masing komponen dalam sistem $\mathrm{R_i(t)}$
c. Menghitung fungsi reliabilitas sistem paralel $\mathrm{R_s(t)}$

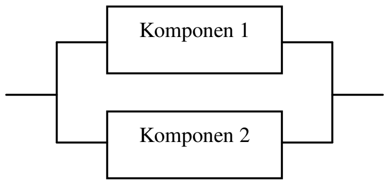
Tahap III : Menentukan titik availabilitas sistem

a. Menghitung waktu rata-rata kegagalan (MTTF) dan waktu rata-rata perbaikan (MTTR) masing-masing variabel.
b. Menghitung fungsi availabilitas masing-masing komponen dalam sistem $\mathrm{A_i(t)}$
c. Menghitung fungsi availabilitas sistem paralel $\mathrm{A_s(t)}$.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Susunan Sistem (Paralel)

Akan dibahas suatu sistem yang terdiri dari 2 komponen, yaitu motor troli dan penggerak naik turun.



4.2 Fungsi Bentuk

Dimisalkan komponen 1 dinamakan X_1 dan komponen 2 dinamakan X_2. Komponen tersebut mempunyai dua kemungkinan, yaitu hidup atau mati. Dari kemungkinan tersebut dihasilkan fungsi indikator sebagai berikut :

$$X_i = \begin{cases} 1, & jika\ komponen\ ke\ i\ hidup \\ 0, & jika\ komponen\ ke\ i\ mati \end{cases}$$

Mesin akan hidup jika terdapat komponen yang bernilai 1 dan akan mati jika semua komponen bernilai 0. Maka vektor **X** ini disebut vektor state atau keadaan. Akibatnya akan muncul suatu fungsi Φ(X) sedemikian hingga

$$\Phi(X) = \begin{cases} 1 & ,jika\ sistem\ berfungsi \\ 0 & ,jika\ sistem\ mati \end{cases}$$

Fungsi Φ(X) disebut fungsi bentuk dari sistem. Fungsi bentuk bernilai 1 jika sistem berfungsi. Sedangakan fungsi bentuk bernilai 0 jika sistem mati. Suatu sistem paralel akan berfungsi jika sekurang-kurangnya satu komponennya hidup. Sehingga fungsi bentuknya diberikan dengan

$$\Phi(X) = \max(\boldsymbol{X}) = \max(X_1, X_2)$$

Karena sifat nilainya adalah biner yaitu 0 dan 1 maka fungsi bentuknya menjadi

$$\Phi(X) = 1 - \prod_{i=1}^{2}(1 - X_i)$$

4.3 Data Waktu Pengamatan pada Mesin Pengangkat

Dalam penelitian ini digunakan data simulasi tentang dua komponen mesin pengangkat, yaitu motor troli dan motor penggerak naik turun yang terangkai menjadi satu sistem yaitu sistem paralel. Data simulasi tersebut masing-masing memiliki 30 pengamatan dengan distribusi pada motor troli (komponen 1) untuk waktu kegagalan berdistribusi eksponensial dan waktu perbaikan berdistribusi normal sedangkan motor penggerak naik turun (komponen 2) untuk waktu kegagalan berdistribusi weibull dan waktu perbaikan berditribusi lognormal.

4.4 Estimasi Parameter

Tabel 4.1 Estimasi Parameter Masing-masing Data Komponen Waktu Pengamatan

Komponen	Waktu Pengamatan	Estimasi Parameter	
Komponen 1	Kegagalan	$\hat{\lambda} = 0{,}00023$	
	Perbaikan	$\hat{\mu} = 45{,}70$	$\hat{\sigma} = 13{,}1356$
Komponen 2	Kegagalan	$\hat{\beta} = 1{,}6059$	$\hat{\eta} = 6497{,}8893$
	Perbaikan	$\widehat{\mu_l} = 3{,}7717$	$\widehat{\sigma_l} = 0{,}7948$

4.5 Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan model distribusi menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov dengan hasil berikut

1. Hipotesis
   H_0 : Data mengikuti distribusi yang ditetapkan
   H_1 : Data tidak mengikuti distribusi yang ditetapkan
2. Taraf Signifikansi sebesar 5% sehingga diperoleh nilai tabel sebesar 0,242
3. Kriteria Penolakan: tolak H_0 jika $D_n \geq$ nilai tabel

Tabel 4.2 Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov Masing-masing Data Komponen Waktu Pengamatan

Komponen	Waktu Pengamatan	D_n	Keputusan
Komponen 1	Kegagalan	0,1818	H_0 diterima
	Perbaikan	0,2121	H_0 diterima
Komponen 2	Kegagalan	0,1173	H_0 diterima
	Perbaikan	0,2003	H_0 diterima

4.6 Fungsi Reliabilitas Sistem Paralel

Jika didefinisikan r, dengan

$$r = P(\Phi(X) = 1),\ dengan\ X = (X_1, X_2)$$

Maka r disebut fungsi reliabilitas dari sistem. Karena komponennya yang berupa variabel acak X_i, i = 1,2 saling bebas, maka fungsi r merupakan fungsi reliabilitas dari tiap-tiap komponen yang ditulis.

$r = r(p), \qquad dimana\ p = (p_1, p_2)$

Fungsi r(p) yang demikian disebut Fungsi Reliabilitas. Untuk Fungsi Reliabilitas dari 2 komponen fungsi paralel diberikan di bawah ini :

$$\begin{aligned} r(p) &= P(\Phi(X) = 1) \\ &= P(X_i = 1) \qquad ,untuk\ suatu\ i = 1,2 \\ &= 1 - P(X_i = 0) \qquad ,untuk\ semua\ i = 1,2 \\ &= 1 - \prod_{i=1}^{2} (1 - p_i) \end{aligned}$$

4.7 Nilai Reliabilitas Komponen dan Sistem

Nilai reliabilitas suatu sistem diperoleh dengan cara mencari fungsi reliabilitas masing-masing komponen terlebih dahulu. Nilai reliabilitas masing-masing komponen diperoleh dari:

$$R_i(t) = 1 - F_i(t)$$

Setelah fungsi reliabilitas masing-masing komponen pada sistem didapatkan, maka fungsi reliabilitas sistem paralel diperoleh dari:

$$R_s(t) = 1 - \prod_{k=1}^{n} [1 - R_i(t)]$$

Tabel 4.3 Fungsi Reliabilitas Komponen dan Reliabilitas Sistem

t	$R_1(t)$	$R_2(t)$	$R_s(t)$
720	0,84739	0,99838	0,999752
1635	0,68657	0,99817	0,999427
2780	0,52761	0,99804	0,999075
3820	0,41536	0,99796	0,998809
4703	0,33902	0,99791	0,99862
5987	0,25233	0,99785	0,998395
6675	0,21540	0,99783	0,998294
7754	0,16806	0,99779	0,998161
8936	0,12806	0,99775	0,998042
10076	0,09852	0,99772	0,997949

Dari perhitungan di atas, menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai t_i maka nilai reliabilitas sistem akan semakin rendah dan mesin dapat bertahan hidup sampai waktu yang ditentukan.

4.8 Rata-rata waktu Kegagalan dan Rata-rata waktu Perbaikan

Untuk mencari nilai rata-rata waktu kegagalan (MTTF) dan rata-rata waktu perbaikan (MTTR), digunakan fungsi rata-rata sesuai distribusi data masing-masing. Parameter yang diaplikasikan ke dalam fungsinya menggunakan hasil estimasi parameter dengan analisis regresi linier.

Tabel 4.4 MTTF dan MTTR Data Komponen Waktu Pengamatan

Komponen	MTTF (Jam)	MTTR (Jam)
Komponen 1	4000	45,70
Komponen 2	5821,61	67,80

4.9 Availabilitas Sistem Paralel

Availabilitas suatu sistem diperoleh dengan cara mencari nilai availabilitas masing-masing komponen dalam sistem terlebih dahulu dengan fungsi

$$A_i(t) = \frac{MTTF_i}{MTTF_i + MTTR_i}$$

Availabilitas masing-masing komponen dalam sistem adalah

$$A_1 = \frac{4000}{4000 + 45{,}70} = 0{,}9887$$

$$A_2 = \frac{5821{,}61}{5821{,}61 + 67{,}80} = 0{,}9884$$

Setelah availabilitas masing-masing komponen pada sistem diperoleh, maka availabilitas sistem paralel dapat diperoleh dengan cara berikut

$$A_s(t) = 1 - \prod_{k=1}^{n} [1 - A_i(t)]$$

Sehingga availabilitas sistem paralel tersebut adalah

$$A_s(t) = 1 - \prod_{k=1}^{n} [1 - A_i(t)] = 1 - [(1 - 0{,}9887) \times (1 - 0{,}9884)]$$
$$= 0{,}99986$$

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada bab hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari estimasi parameter melalui Analisis Regresi untuk data berdistribusi weibull diperoleh nilai $\hat{\beta} = 1{,}6059$ dan $\hat{\eta} = 6497{,}8893$. Dari estimasi parameter melalui Metode Maximum Likelihood untuk data berdistribusi eksponensial diperoleh nilai $\hat{\lambda} = 0{,}00023$, untuk data berdistribusi normal diperoleh nilai $\hat{\mu} = 45{,}70$ dan $\hat{\sigma} = 13{,}1356$, dan untuk data berdistribusi lognormal diperoleh nilai $\hat{\mu}_l = 3{,}7717$ dan $\hat{\sigma}_l = 0{,}7948$
2. Data simulasi yang diperoleh dibuktikan dengan uji kecocokan distribusi Kolmogorov-Smirnov dengan α = 5%, menunjukkan kecocokan distribusi sesuai dengan yang diujikan. Sehingga diketahui bahwa data waktu pengamatan komponen 1, distribusi waktu kegagalannya adalah distribusi eksponensial dan distribusi waktu perbaikannya adalah distribusi normal. Sedangkan data waktu pengamatan komponen 2, distribusi waktu kegagalannya adalah distribusi weibull dan distribusi waktu perbaikannya adalah distribusi lognormal.
3. Dengan menggunakan parameter yang diperoleh dari estimasi parameter tersebut maka maka dapat dihitung rata-rata masing-masing waktu pengamatan sesuai dengan fungsi rata-ratanya. Rata-rata waktu kegagalan pada komponen 1 adalah 4000 jam dan rata-rata waktu perbaikannya adalah 45,70 jam. Komponen 2 memiliki rata-rata waktu kegagalan sebesar 5821,61 jam dan rata-rata waktu perbaikan 67,80 jam.

4. Dari perhitungan reliabilitas sistem, menunjukan bahwa semakin tinggi nilai t_i maka nilai reliabilitas sistem akan semakin rendah dan mesin dapat bertahan hidup sampai waktu yang ditentukan.
5. Nilai availabilitas pada rangkaian kedua komponen, motor troli dan motor penggerak naik turun, dalam sistem paralel adalah 99,986%. Nilai availabilitas tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan rangkaian tersebut dalam melakukan pengangkatan beban pada saat yang dikehendaki sebesar 99,986%.

DAFTAR PUSTAKA

Bain, L.J dan Engelhardt, M., 1992. *Introduction to Probability and Mathematical Statistics,* Second Edition*,* Duxbury press, California.

Birolini, A., 2007. *Reliability Engineering Theory and Practice,* Fifth Edition, Springer, Berlin.

Blischke, W.R dan Murthy, D.N.P., 2003. *Case Studies in Reliability and Maintenance*, Wiley Interscience, New Jersey.

Daniel, WW., 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan*, PT Gramedia, Jakarta.

Hangendoorn, J.J.M., 1989. *Konstruksi Mesin 1,* PT Rosda Jayaputra, Jakarta.

Kumar, U.D., Crocker, J., Chitra, T., Saranga, H., 2006. *Reliability and Six Sigma*, Springer, New York.

Mott, R.L., (1985). *Machine Elements in Mechanical Design,* Fourth Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey.

Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., Ye, K., 2007. *Probability and Statistics for Engineers and Scientists,*Eighth Edition, Prentice Hall, USA.