PEMILIHAN METODE TERBAIK
DALAM PENDUGAAN PARAMETER DISTRIBUSI WEIBULL
PADA ANALISIS RELIABILITAS
(Kasus Interval Kerusakan yang Tidak Tetap dengan Waktu Kerusakan yang Tidak Diketahui)

SKRIPSI

oleh:
ROMZI FUAD
0510950050-95

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG

2009

PEMILIHAN METODE TERBAIK
DALAM PENDUGAAN PARAMETER DISTRIBUSI WEIBULL
PADA ANALISIS RELIABILITAS

(Kasus Interval Kerusakan yang Tidak Tetap dengan Waktu Kerusakan yang Tidak Diketahui)

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

oleh:
ROMZI FUAD
0510950050-95

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PEMILIHAN METODE TERBAIK
DALAM PENDUGAAN PARAMETER DISTRIBUSI WEIBULL
PADA ANALISIS RELIABILITAS
(Kasus Interval Kerusakan yang Tidak Tetap dengan Waktu Kerusakan yang Tidak Diketahui)

oleh:
ROMZI FUAD
NIM. 0510950050

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 18 Mei 2009
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

Pembimbing I	Pembimbing II
Suci Astutik, SSi., MSi	**Dra. Ani Budi Astuti, MSi**
NIP. 132 233 148	**NIP. 131 993 385**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Agus Suryanto, MSc
NIP. 132 126 049

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	**: ROMZI FUAD**
NIM	**: 0510950050 - 95**
Program Studi	**: STATISTIKA**
Penulisan Skripsi berjudul	**: Pemilihan Metode Terbaik Dalam Pendugaan Parameter Distribusi Weibull Pada Analisis Reliabilitas (Kasus Interval Kerusakan yang Tidak Tetap dengan Waktu Kerusakan yang Tidak Diketahui)**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. **Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi.**
2. **Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala risiko yang akan saya terima.**

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 18 Mei 2009
Yang menyatakan,

(ROMZI FUAD)
NIM. 0510950050

PEMILIHAN METODE TERBAIK
DALAM PENDUGAAN PARAMETER DISTRIBUSI WEIBULL
PADA ANALISIS RELIABILITAS
(Kasus Interval Kerusakan yang Tidak Tetap dengan Waktu Kerusakan yang Tidak Diketahui)

ABSTRAK

Reliabilitas merupakan suatu probabilitas di mana komponen akan berfungsi sesuai dengan spesifikasi waktu dan kondisi yang telah ditentukan. Dalam analisis reliabilitas, distribusi Weibull merupakan salah satu distribusi yang banyak digunakan untuk memodelkan suatu fenomena kerusakan. Pada dasarnya pengamatan fenomena kerusakan suatu komponen terbagi menjadi dua, yaitu saat interval kerusakan ditetapkan dan saat interval kerusakan tidak ditetapkan oleh bagian *maintenance*. Terdapat suatu kondisi di mana waktu kerusakan suatu komponen tidak dapat diketahui apabila tidak dapat diamati secara langsung. Dengan mengkaitkan dua hal tersebut, maka timbul suatu permasalahan bagaimana menduga parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap dengan waktu kerusakan tidak diketahui. Metode pendekatan pendugaan parameter distribusi Weibull yang akan dibahas adalah metode *Piecewise Linear Distribution Function* (PLDF), metode *Average Interval Failure Rate* (AIFR) dan metode *Sequential Updating of The Distribution Function* (SUDF). Proses simulasi dilakukan sebanyak 1000 iterasi menggunakan spesifikasi parameter α = 100;1000 dan parameter β = 0,9;1;2;3;4. Berdasarkan hasil yang diperoleh, metode PLDF dapat digunakan pada keadaan *Burn-In Period* dan *Useful Life Period,* metode AIFR dapat digunakan pada keadaan *Wear-Out Period* sedangkan metode SUDF dapat digunakan pada ketiga keadaan tersebut. Berdasarkan hasil MSE_{α} dan MSE_{β} terkecil, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi yang bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam pada 10 spesifikasi data penelitian, metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR.

Kata kunci : Distribusi Weibull, Reliabilitas, PLDF, AIFR, SUDF.

THE BEST METHOD DETERMINATION
IN WEIBULL DISTRIBUTION PARAMETERS ESTIMATION
AT RELIABILITY ANALYSIS
(In Case Of Undetermined Failure Interval With Unknown Failure Times)

ABSTRACT

Reliability is a probability in which the component will be function based on time spesification and conditions that determined. In reliability analysis, Weibull distribution is one of distribution which is commonly used to modelling the failure phenomenons. Basicly, there are two kind of observation periods, first if the failure interval is determined, then the observation period of a component is constant. But, if the failure interval is not determined by maintenance division, then the observation period is vary. In a certain conditions, failure time is definitely unknown if the component cannot be observed directly. Combining two conditions may cause a certain problem, how to estimate Weibull distribution parameters in case of failure can be categorized as undetermined failure interval with unknown failure time. The methods that will be discussed in this case are *Piecewise Linear Distribution Function* (PLDF) method, *Average Interval Failure Rate* (AIFR) method and *Sequential Updating of The Distribution Function* (SUDF) method. The simulation process is conducted with 1000 iterations using parameter spesification α = 100;1000 and β = 0,9;1;2;3;4. According to the result, PLDF can be used in *Burn-In Period* dan *Useful Life Period* conditions, AIFR can be use in *Wear-Out Period* condition while SUDF can be use in that three conditions. Based on the small value of MSE_{α} and MSE_{β}, high percentage of compatibility simulation result, low percentage of incompability simulation result, the exact-estimate simulation result and relatively homogen in 10 data spesifications, SUDF methods is the best method to estimate the parameters of Weibull distribution in this case, comparing with others method.

Keywords : Weibull distribution, Reliability, PLDF, AIFR, SUDF.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ”*Pemilihan Metode Terbaik Dalam Pendugaan Parameter Distribusi Weibull Pada Analisis Reliabilitas (Kasus Interval Kerusakan yang Tidak Tetap dengan Waktu Kerusakan yang Tidak Diketahui)*”. Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Suci Astutik, SSi., MSi sebagai dosen pembimbing I dan Ibu Dra. Ani Budi Astuti, MSi sebagai dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, masukan serta motivasi.
2. Ibu Ir. Heni Kusdarwati, MS, Bapak Adji Achmad Rinaldo Fernandes, SSi., MSc dan Ibu Nurjannah, SSi selaku dosen penguji atas saran dan masukan yang telah diberikan.
3. Ibu Dr. Ir. Maria Bernadetha Mitakda dan Ibu Eni Sumarminingsih, SSi., MM yang telah meluang waktu untuk berkonsultasi.
4. Bapak Dr. Agus Suryanto, M.Sc selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
5. Mama, Abi, Umi’, Mira dan semua keluarga atas dukungan, perhatian dan doa yang diberikan selama ini kepada penulis untuk mencapai prestasi terbaik.
6. MbuletZ (MidRenWikTonkJunkRazYan) atas persahabatan dan semangat selama ini.
7. Seluruh personil Statistika 2005 ”ENOUGH” atas perhatian, perjuangan, dukungan, kerjasama dan semangat selama ini.
8. Teman-teman Statistika 2002, 2003, 2004 dan 2006 atas bantuan, dukungan dan perhatiannya.
9. Seluruh pihak yang telah berpartisipasi yang tidak dapat penulis sebutkan seluruhnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menerima saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Malang, 18 Mei 2009

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

Halaman

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Halaman

DAFTAR TABEL

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Halaman

DAFTAR ISTILAH

Exact-estimate	:	Hasil penduga parameter distribusi Weibull mendekati atau sama dengan nilai sebenarnya.
Fluktuasi	:	Suatu keadaan di mana terjadi proses naik turun pada grafik hasil penduga parameter distribusi Weibull.
Kurva *Bath Tub*	:	Kurva yang merepresentasikan periode Kerusakan.
Life time	:	Waktu hidup/beroperasi pada suatu komponen.
Over-estimate	:	Hasil penduga parameter distribusi Weibull lebih besar dari nilai sebenarnya.
Persentase kesesuaian	:	Persentase banyaknya hasil penduga parameter distribusi weibull yang mengalami terima H_0 pada uji *Bain's*.
Persentase ketidaksesuaian	:	Persentase banyaknya hasil penduga parameter distribusi weibull yang mengalami tolak H_0 pada uji *Bain's*.
Simplified form	:	Bentuk distribusi Weibull yang terdiri dari 2 parameter, antara lain parameter skala (α) dan parameter bentuk (β).
Under-estimate	:	Hasil penduga parameter distribusi Weibull lebih rendah dari nilai sebenarnya.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Reliabilitas merupakan suatu probabilitas di mana komponen akan berfungsi sesuai dengan spesifikasi waktu dan kondisi yang telah ditentukan (Dwiningsih, 2008). Dalam analisis reliabilitas, distribusi Weibull merupakan salah satu distribusi yang banyak digunakan untuk memodelkan suatu fenomena kerusakan. Montgomery (2008) menyatakan bahwa distribusi Weibull telah digunakan secara luas dalam teknik keandalan atau reliabilitas sebagai model tahan hidup komponen dan sistem elektrik mekanik.

Sari (2007) menyatakan bahwa, suatu komponen tidak dapat terlepas dari pengamatan bagian *maintenance*, agar tetap dalam kondisi beroperasi dan jika terjadi kerusakan maka diusahakan agar tetap dalam kondisi yang baik. Pada dasarnya pengamatan fenomena kerusakan suatu komponen terbagi menjadi dua, yaitu saat interval kerusakan ditetapkan dan saat interval kerusakan tidak ditetapkan oleh bagian *maintenance*.

Pada saat interval kerusakan ditetapkan, periode amatan dari suatu komponen adalah tetap. Misal, komponen diamati setiap 24 jam untuk melihat kondisinya. Akan tetapi, saat interval kerusakan tidak ditetapkan, periode amatan akan berbeda-beda. Misal, amatan pertama dilakukan pada selang 24 jam kemudian amatan kedua pada selang 30 jam dan amatan selanjutnya pada selang 46 jam.

Terdapat suatu kondisi di mana waktu kerusakan suatu komponen tidak dapat diketahui apabila tidak dapat diamati secara langsung. Dengan mengkaitkan dengan periode amatan suatu komponen, maka timbul suatu permasalahan bagaimana menduga parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap dengan waktu kerusakan tidak diketahui.

Pada penelitian ini akan dibahas metode-metode untuk menduga parameter distribusi Weibull pada kasus tersebut menggunakan teknik simulasi. Proses pendugaan tidak dapat dilakukan secara langsung menggunakan metode pendugaan parameter, misal menggunakan *Weibull Probability Fitting*, sebab waktu kerusakan tidak diketahui, oleh karena itu dibutuhkan suatu metode pendekatan sebelum dilakukan proses pendugaan parameter. Metode pendekatan yang akan dibahas adalah metode *Piecewise Linear Distribution Function* (PLDF), metode *Average Interval Failure Rate* (AIFR) dan metode *Sequential Updating of The Distribution Function* (SUDF).

Penelitian ini merujuk pada penelitian Kabir (1998) dengan judul *Estimation of Weibull distribution parameters for irregular interval group failure data with unknown failure times*. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah metode PLDF, AIFR dan SUDF dapat digunakan sebagai metode pendekatan untuk menduga parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap dengan waktu kerusakan tidak diketahui.

Pada penelitian ini, akan dipelajari bagaimana karakteristik ketiga metode pendekatan tersebut serta ditentukan metode pendekatan yang paling baik digunakan dibandingkan dengan metode pendekatan lain untuk menduga parameter distribusi Weibull pada kasus ini.

Penentuan metode pendekatan yang paling baik digunakan didasarkan pada perbandingan nilai *Mean Square Error* (MSE), persentase hasil uji *Bain's* dan keragaman hasil simulasi dari ketiga metode pendekatan tersebut.

1.2. Rumusan masalah

1. Bagaimana karakteristik ketiga metode pendekatan pendugaan parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap dengan waktu kerusakan tidak diketahui apabila ditinjau dari karakteristik distribusi Weibull?
2. Berdasarkan hasil simulasi, metode pendekatan mana yang paling baik untuk menduga parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap dengan waktu kerusakan tidak diketahui?

1.3. Tujuan penelitian

1. Mengetahui karakteristik ketiga metode pendekatan pendugaan parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap dengan waktu kerusakan tidak diketahui apabila ditinjau dari karakteristik distribusi Weibull.
2. Menentukan metode pendekatan terbaik dalam menduga parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap dengan waktu kerusakan tidak diketahui.

1.4. Batasan masalah

Untuk lebih memfokuskan tercapainya tujuan penelitian maka digunakan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Distribusi fenomena kerusakan yang digunakan adalah distribusi Weibull 2-Parameter (*simplified form*).
2. Banyaknya iterasi yang dilakukan dalam simulasi adalah sebanyak 1000 kali.
3. Komponen yang dibahas pada penelitian ini adalah yang bersifat tidak dapat diperbaiki.

1.5. Manfaat penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh suatu metode pendekatan terbaik dalam menduga parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap dengan waktu kerusakan tidak diketahui yang dapat digunakan dalam bidang teknik mesin dan industri yang selanjutnya dapat diaplikasikan dalam analisis reliabilitas dan prediksi persediaan suatu komponen.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisis Reliabilitas

2.1.1. Definisi Reliabilitas

Menurut Fernandes (2008), reliabilitas adalah suatu probabilitas yang merupakan perbandingan antara banyak kejadian sukses dengan jumlah seluruh komponen yang diuji. Dalam Dwiningsih (2008), reliabilitas merupakan suatu probabilitas di mana komponen akan berfungsi sesuai dengan spesifikasi waktu dan kondisi yang telah ditentukan.

2.1.2. Fungsi Reliabilitas

Reliabilitas komponen, subsistem atau sistem adalah probabilitas komponen, subsistem atau sistem berfungsi baik dalam jangka waktu tertentu. Formulasi reliabilitas adalah:

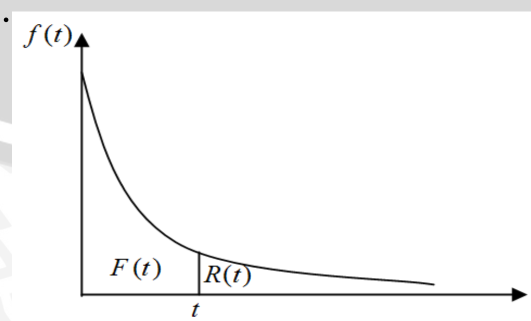
$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = 1 - F(t) \text{, dengan } 0 \leq R(t) \leq 1 \qquad (2.1)$$

di mana :

R(t) : fungsi keandalan atau reliabilitas pada waktu ke-*t*
F(t) : fungsi distribusi kumulatif peluang kegagalan pada waktu ke-*t*
f(t) : fungsi kepekatan peluang

(Haryono, 1996).

Fungsi reliabilitas merupakan komplemen dari fungsi sebaran kumulatif. Daerah $F(t)$ dan $R(t)$ ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Damayanti, 2007).



Gambar 2.1. Hubungan antara $R(t)$, $F(t)$ dan $f(t)$

2.1.3. Laju Kerusakan

Laju kerusakan atau *failure rate* adalah suatu besaran yang mengukur kecepatan suatu komponen, sistem atau subsistem menjadi rusak persatuan waktu karena digunakan dalam kondisi tertentu (Haryono, 1996). Sedangkan dalam Damayanti (2007), dinyatakan bahwa laju kerusakan atau laju kegagalan sebagai peluang kegagalan dalam satuan waktu yang ditetapkan. Kerusakan atau kegagalan merupakan ketidakmampuan suatu komponen untuk melaksanakan fungsi yang diminta. Laju kerusakan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)}, \ 0 \le t \le \infty \qquad (2.2)$$

di mana $\lambda(t)$ merupakan fungsi laju kerusakan pada waktu ke-*t*.

2.2. *Maintenance*

Perawatan atau *maintenance* adalah semua kegiatan yang dibutuhkan untuk mempertahankan suatu mesin atau peralatan agar tetap dalam kondisi beroperasi dan jika terjadi kerusakan maka diusahakan agar mesin atau peralatan tersebut tetap dalam kondisi yang baik (Sari, 2007).

2.3. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull merupakan distribusi yang diperkenalkan oleh ahli fisikawan Swedia Waloddi Weibull pada tahun 1939, yang banyak digunakan untuk memodelkan fenomena kerusakan dan analisis reliabilitas. Montgomery (2008) menyatakan bahwa distribusi Weibull telah digunakan secara luas dalam teknik keandalan atau reliabilitas sebagai model tahan hidup komponen dan sistem elektrik mekanik.

Dalam Fernandes (2008), distribusi Weibull merupakan perluasan dari distribusi Eksponensial dan digunakan untuk memodelkan fenomena kerusakan dengan laju kerusakan tergantung pada umur komponen dan tidak bersifat pelupa (*memory less property*). Bersifat pelupa berarti bahwa laju kerusakan tidak tergantung waktu atau umur komponen dan faktor-faktor lain dimasa lalu, kondisi ini berlaku pada distribusi Eksponensial.

Fungsi kepekatan peluang (*f(t)*) distribusi Weibull 2-Parameter dengan parameter α dan β adalah:

$$f(t) = \begin{cases} \dfrac{\beta}{\alpha}\left[\dfrac{t}{\alpha}\right]^{\beta-1} exp\left(-\left[\dfrac{t}{\alpha}\right]^{\beta}\right) & , t \geq 0 \\ 0 & , t < 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

(Kececioglu, 1991)

di mana : t : *life time*

β : parameter bentuk (*shape*), $\beta > 0$

α : parameter skala (*scale*), $\alpha > 0$

Fungsi kumulatif distribusi Weibull (*F(t)*) adalah:

$$\begin{aligned} P(T \leq t) = F(t) &= \int_0^t f(t)\,dt \\ &= \int_0^t \frac{\beta}{\alpha}\left[\frac{t}{\alpha}\right]^{\beta-1} exp\left(-\left[\frac{t}{\alpha}\right]^{\beta}\right)dt \\ &= 1 - exp\left(-\left[\frac{t}{\alpha}\right]^{\beta}\right) \qquad (2.4) \end{aligned}$$

Fungsi reliabilitas distribusi Weibull (*R(t)*) adalah:

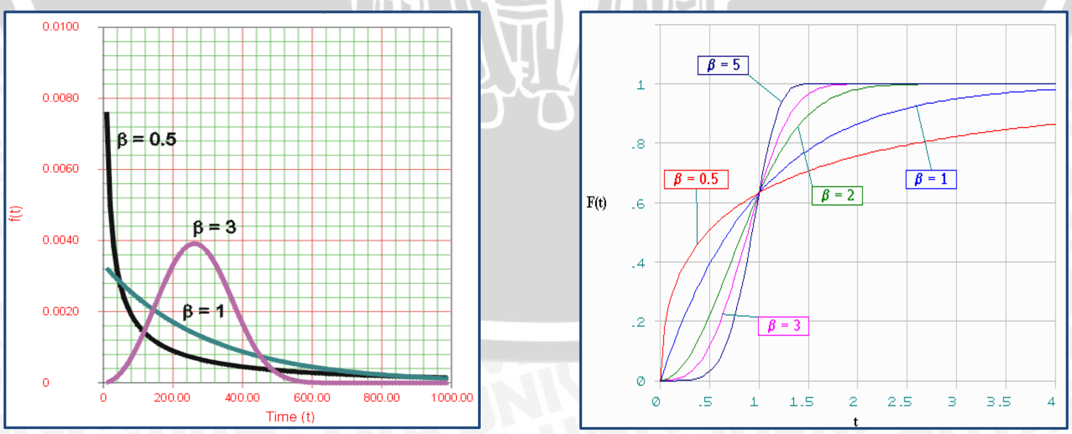
$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - F(t) \\ &= 1 - \left[1 - \left\{exp\left(-\left[\frac{t}{\alpha}\right]^{\beta}\right)\right\}\right] \\ &= exp\left(-\left[\frac{t}{\alpha}\right]^{\beta}\right) \qquad (2.5) \end{aligned}$$

2.4. Karakteristik Distribusi Weibull

Dalam Haryono (1996) dan Wijaya (2003), beberapa karakteristik distribusi Weibull jika dihubungkan dengan perubahan parameter bentuk (β) dan parameter skala (α) yang berbeda yaitu:

1. Selang $0 < \beta < 1$ merupakan keadaan *Burn-In Period*, yaitu keadaan di mana *f(t)* menurun secara monoton sejalan dengan naiknya *t*. *R(t)* menurun secara monoton dan laju kerusakan ($\lambda(t)$) menurun pula.
2. β=1 merupakan keadaan *Useful Life Period*, yaitu keadaan di mana laju kerusakan ($\lambda(t)$) selalu konstan dan distribusi Weibull berubah menjadi distribusi Eksponensial
3. β >1 merupakan keadaan *Wear-Out Period* atau *Burn-Out Period*, yaitu keadaan di mana *f(t)* meningkat dan mendekati bentuk sebaran normal, laju kerusakan ($\lambda(t)$) meningkat dan *R(t)* menurun.
4. Perubahan parameter α mempunyai akibat yang sama dengan perubahan skala absis. Jika α bertambah maka distribusi akan bergeser ke kanan dan ketinggiannya menurun. Jika α berkurang dan selama nilai parameter β tetap, maka distribusi akan merapat ke kiri sehingga puncak dari distribusi akan semakin tinggi.

Fungsi kepekatan peluang (PDF) distribusi Weibull nilai parameter α = 1 dan parameter β = 0,5;1;3 dapat dilihat pada Gambar 2.2 (A) dan Fungsi peluang kumulatif (CDF) distribusi Weibull pada nilai parameter α = 1 dan parameter β = 0,5;1;2;3;5 dapat dilihat pada Gambar 2.2 (B) (Anonymous, 2008 dan Liu and Phillip, 2008).

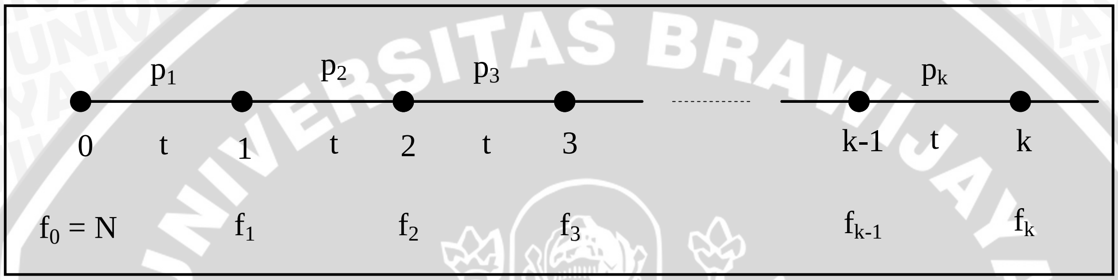


(A) (B)

Gambar 2.2. Distribusi Weibull. (A) PDF . (B) CDF.

2.5. Interval Kerusakan yang Tetap dengan Waktu Kerusakan Tidak Diketahui

Untuk memudahkan pemahaman dalam mempelajari kasus interval kerusakan yang tidak tetap dan berbagai aspek yang berhubungan dengan metode tersebut, akan dibahas terlebih dahulu kasus interval kerusakan yang tetap. Seperti tersaji pada Gambar 2.3, terdapat *N* unit baru yang dipasang pada waktu awal dan terdapat suatu nilai proporsi yang merupakan suatu nilai harapan terjadi kerusakan selama suatu selang waktu.

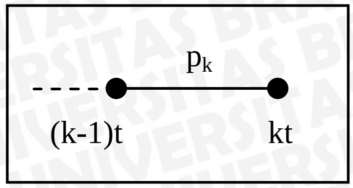


Gambar 2.3. Susunan Interval Kerusakan yang Tetap

Dalam Kabir (1998) dinyatakan bahwa penggantian unit yang rusak dilakukan pada akhir setiap interval dan unit-unit tersebut akan mengalami kerusakan kembali pada interval selanjutnya. Total penggantian unit yang rusak pada setiap akhir interval ke-k dilambangkan dengan f_k (dengan k = 1,2,3,...,n), di mana:

$$
\begin{aligned}
f_0 &= N \qquad \text{(Kondisi Awal)}\\
f_1 &= f_0 p_1\\
f_2 &= f_0 p_2 + f_1 p_1 \qquad (2.6)\\
f_3 &= f_0 p_3 + f_1 p_2 + f_2 p_1\\
\vdots\ \ & \ \ \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots\\
f_k &= f_0 p_k + f_1 p_{k-1} + \ldots + f_{k-1} p_1
\end{aligned}
$$

Besaran p_k merupakan proporsi dari kerusakan selama interval ke-k. Besaran ini dapat diinterpretasikan sebagai peluang unit yang baru akan dipasang pada waktu t akan rusak pada interval $((k-1)t, kt)$, proporsi kerusakan ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Proporsi Kerusakan

Persamaan (2.6) dapat disederhanakan menjadi:

$$f_k = f_0 p_k + \sum_{j=1}^{k} f_j p_{k-j} \quad \text{di mana } i = 1,2,..., k \text{ dan } k = 1,2,3,...,n \qquad (2.7)$$

dengan $p_0 = 0$.

Besaran p_0 didefinisikan sebagai peluang terjadinya kerusakan pada interval ke-0. Dari pengantian kerusakan (f_k) yang telah dilakukan, peluang terjadinya kerusakan pada suatu akhir interval ke-k (p_k) dapat dihitung dengan:

$$p_k = \frac{f_k - \sum_{j=1}^{k} f_j p_{k-j}}{f_0} \quad \text{di mana } i = 1,2,..., k \text{ dan } k = 1,2,3,...n \qquad (2.8)$$

Penduga untuk nilai fungsi peluang kumulatif (CDF) dapat diperoleh dari:

$$F_k = \sum_{j=1}^{k} p_j \quad \text{di mana } i = 1,2,..., k \text{ dan } k = 1,2,3, \ldots,n \qquad (2.9)$$

Menurut Al-Fawzan (2000), dengan nilai fungsi peluang kumulatif ini, parameter distribusi Weibull dapat diduga dengan teknik *Weibull probability fitting*. Fungsi peluang kumulatif distribusi Weibull dinyatakan dengan:

$$F(t) = 1 - exp\left(-\left[\frac{t}{\alpha} \right]^{\beta} \right) \qquad (2.10)$$

di mana β adalah parameter bentuk dan α adalah parameter skala. Kemudian dibentuk menjadi:

$$F(t) = 1 - exp\left(-\left[\frac{t}{\alpha} \right]^{\beta} \right)$$

$$\ln[1-F(t)] = -\left[\frac{t}{\alpha} \right]^{\beta}$$

$$\ln[1/(1-F(t)] = \left[\frac{t}{\alpha}\right]^{\beta}$$

$$\ln\{\ln [1/(1-F(t))]\} = \beta \ln t - \beta \ln \alpha \tag{2.11}$$

di mana persamaan (2.11) berbentuk garis lurus. Nilai penduga untuk β dan α didapatkan dengan menggunakan metode grafik atau *Weibull probability fitting*.

2.6. Metode Grafik (*Weibull Probability Fitting*)

Menurut Fernandes (2008), metode grafik merupakan metode untuk melakukan evaluasi pencocokan data secara visual tanpa harus melakukan perhitungan yang rumit dan berdasarkan grafik tersebut akan diperoleh dugaan parameter yang sesuai untuk distribusi Weibull, sehingga data yang akan digambarkan tersebut akan berfluktuasi di sekitar garis lurus. Parameter distribusi Weibull kemudian dapat diduga dari *intercept* dan *slope* dari garis regresi yang terbentuk.

Untuk mengatur data berdistribusi Weibull pada garis lurus, diperlukan beberapa langkah. Pertama, menggunakan logaritma natural persamaan distribusi Weibull pada persamaan (2.11). Jika persamaan tersebut dianalogkan dengan persamaan garis lurus
y = a + bx, maka:

$$y = \ln\{\ln [1/(1-F(t))]\}$$
$$x = \ln t$$

kemudian, dilakukan pendugaan parameter model regresi dengan Metode Kuadrat Terkecil (*Ordinary Least Square*).

Menurut Al-Fawzan (2000), Scholz (2007) dan Lei (2008), ada 3 cara pendugaan parameter distribusi Weibull yaitu Metode Kemungkinan Maksimum, Metode Momen dan Metode Kuadrat Terkecil. Akan tetapi yang baik digunakan adalah Metode Kuadrat Terkecil (*Weibull Probability Fitting*) karena memiliki MSE (*Mean Square Error*) yang kecil dan relatif mudah digunakan.

Dalam Mendenhall *et.al.*, (2004), dikatakan bahwa jika $\hat{y}_i$ adalah nilai dugaan ke-i, maka:

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i \tag{2.12}$$

Deviasi antara y_i dengan $\hat{y}_i$ (atau biasa disebut galat) adalah:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i \tag{2.13}$$

dan jumlah kuadrat persamaan (2.13) yang akan diminimumkan adalah:

$$\text{SSE} = \sum_{i=1}^{n} e_i^{\,2} = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i))^2 \tag{2.14}$$

SSE (*Sum Square Error*) juga disebut sebagai jumlah kuadrat galat.

Untuk mendapatkan nilai dugaan $\hat{\beta}_0$ dan $\hat{\beta}_1$, persamaan (2.14) harus diminimumkan dengan melakukan turunan parsial terhadap masing-masing $\hat{\beta}_0$ dan $\hat{\beta}_1$, kemudian menyamakannya dengan 0, yaitu:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial\, SSE}{\partial\, \hat{\beta}_0} &= \frac{\partial \left\{ \sum_{i=1}^{n} (y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i))^2 \right\}}{\partial\, \hat{\beta}_0} \\
&= -\sum_{i=1}^{n} 2(y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i)) \\
&= -2(\sum_{i=1}^{n} y_i - n\hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^{n} x_i \;) = 0
\end{aligned} \tag{2.15}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial\, SSE}{\partial\, \hat{\beta}_1} &= \frac{\partial \left\{ \sum_{i=1}^{n} (y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i))^2 \right\}}{\partial\, \hat{\beta}_1} \\
&= -\sum_{i=1}^{n} 2(y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i))\, x_i \\
&= -2(\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^{n} x_i - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^{n} x_i^{\,2}) = 0
\end{aligned} \tag{2.16}$$

Kemudian solusi dari persamaan (2.15) dan (2.16) adalah:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2} = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{n\sum_{i=1}^{n} x_i^{\,2} - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2} \tag{2.17}$$

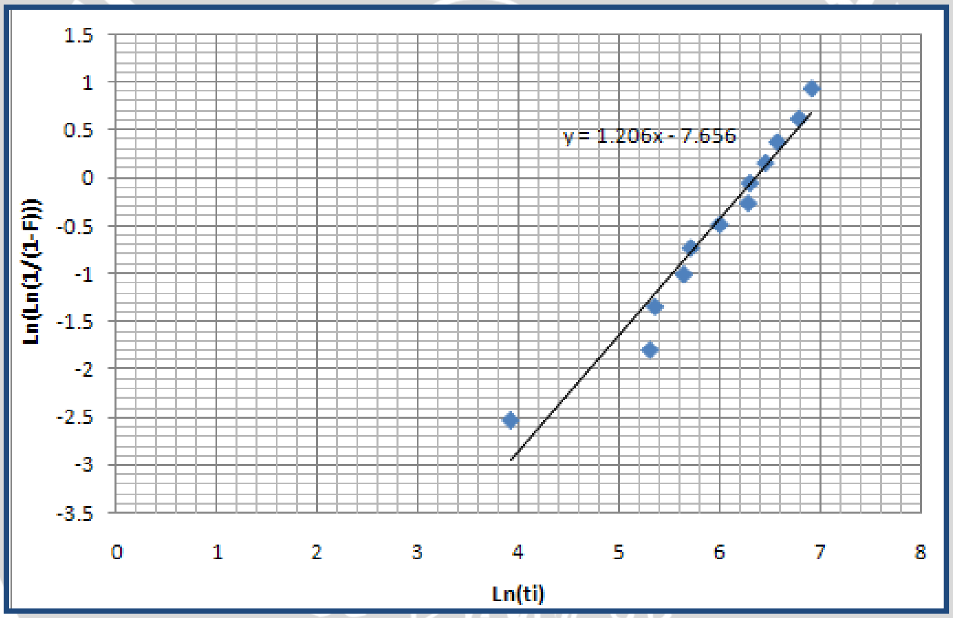
$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \qquad (2.18)$$

Setelah didapatkan penduga $\hat{\beta}_0$ dan $\hat{\beta}_1$, maka parameter distribusi Weibull (a dan b) dihitung menurut:

$$b = \hat{\beta}_1 \qquad (2.19)$$

$$\hat{\beta}_0 = -\hat{\beta}_1 \ln a, \text{ maka } a = e^{(-\hat{\beta}_0 / \hat{\beta}_1)} \qquad (2.20)$$

Menurut Fernandes (2008), untuk mendapatkan nilai a dan b dilakukan dengan plot pada kertas grafik dengan ln *t* sebagai sumbu x dan ln{ln [1/(1-*F(t)*)]} sebagai sumbu y. Secara umum Metode Grafik tersaji pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Metode Grafik

Berdasarkan Gambar 2.5, diperoleh penduga parameter yaitu:

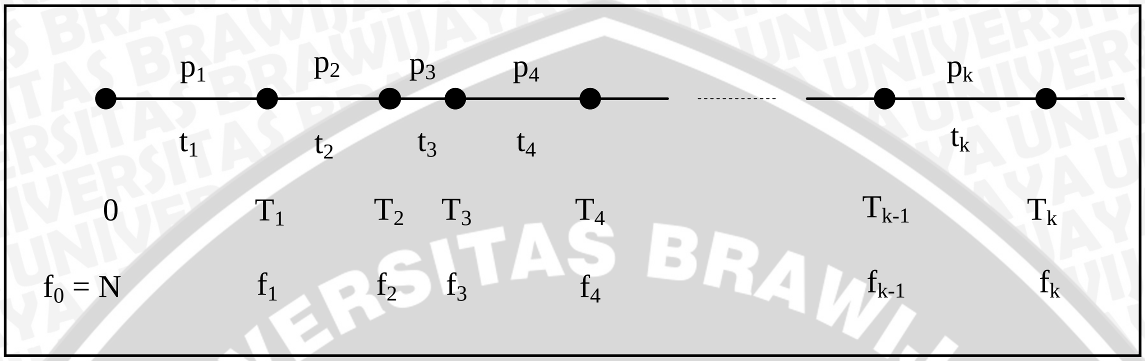
$$b = \hat{\beta}_1 = 1{,}206$$

$$\hat{\beta}_0 = -\hat{\beta}_1 \ln a, \text{ sehingga } a = e^{(-\hat{\beta}_0 / \hat{\beta}_1)} = e^{(-(-7.656)/1.206)} = 571{,}49$$

Dari hasil diatas telah diperoleh parameter distribusi Weibull yaitu parameter α = 571,49 dan parameter β = 1,206.

2.7. Interval Kerusakan yang Tidak Tetap dengan Waktu Kerusakan Tidak Diketahui

Pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap, panjang (selang waktu) interval berbeda-beda, seperti terlihat pada Gambar 2.6.

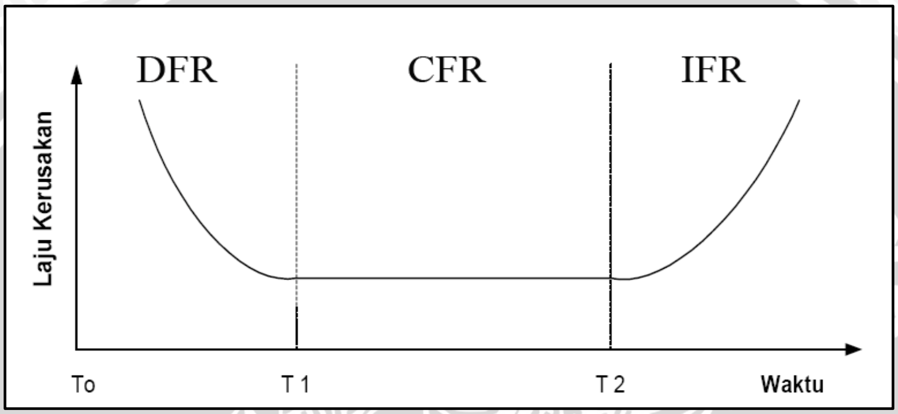


Gambar 2.6. Susunan Interval Kerusakan yang Tidak Tetap

Oleh karena itu, persamaan (2.8) dan (2.9) yang digunakan sebelumnya untuk menduga peluang terjadi kerusakan pada suatu interval tidak dapat diterapkan pada kasus terakhir. Sebagai contoh, jika dianggap suatu sistem akan mengalami proses penghentian (*shutdown*) pada interval waktu t_1, t_2 dan t_3 (di mana $t_1 \neq t_2 \neq t_3$) terjadi kerusakan sebanyak f_1, f_2 dan f_3. Meskipun p_1 dapat diperoleh melalui persamaan (2.8), namun p_2 dan p_3 tidak bisa diperoleh dari persamaan tersebut, karena p_1 diduga pada akhir t_1. Jika $t_1 \neq t_2$, kontribusi sebagian dari kerusakan f_1 pada akhir t_2 tidak sama dengan f_1p_1. Dengan cara yang sama, pada akhir interval t_3, kontribusi sebagian dari kerusakan yang telah terjadi f_1 dan f_2 tidak sama dengan (f_1p_2 + f_2p_1). Untuk melibatkan unsur waktu yang berbeda-beda pada penduga p atau dalam bahasan ini dikatakan CDF, terdapat tiga metode pendekatan untuk melakukannya, yaitu metode PLDF, AIFR dan SUDF.

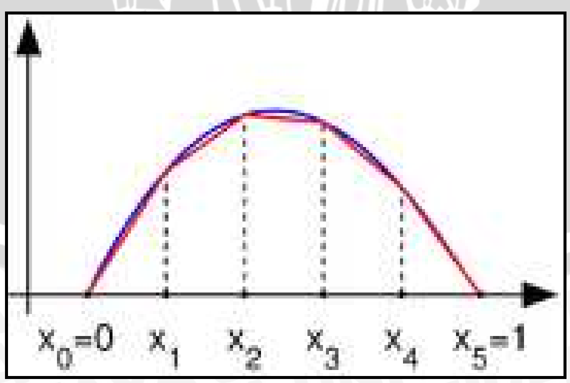
2.7.1. Metode Pendekatan *Piecewise Linear Distribution of Function* (PLDF)

Distribusi Weibull pada dasarnya merupakan distribusi tidak linier, baik periode kerusakan berada pada tipe periode laju kerusakan menurun (*decreasing failure rate*/DFR), tipe periode laju kerusakan konstan (*constant failure rate*/CFR) atau tipe periode laju kerusakan naik (*increasing failure rate*/IFR) seperti tersaji pada Gambar 2.7 (Wijaya, 2003).



Gambar 2.7. Grafik Laju Kerusakan Sebagai Fungsi dari Waktu (Kurva *Bath Tub*)

Menurut Wikipedia Foundation, Inc (2008), secara umum, metode *piecewise linear* digunakan dalam pendekatan terhadap fungsi tidak linier. Seperti dapat dilihat pada Gambar 2.8, bahwa fungsi sebenarnya (grafik warna biru) didekati oleh metode *piecewise linear* (grafik warna merah).



Gambar 2.8. Metode *Piecewise Linear*

Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk melakukan interpolasi dan ekstrapolasi proporsi kerusakan pada akhir suatu interval. Dianggap bahwa fungsi dari suatu distribusi adalah linier pada setiap akhir interval, hal ini disebut sebagai *piecewise linier*. Oleh karena itu, proporsi kerusakan setiap unit selama interval ke-*k* dapat dinyatakan sebagai:

$$p'_k = \frac{p_k}{t_k} = \frac{F(T_k) - F(T_{k-1})}{T_k - T_{k-1}} \tag{2.21}$$

di mana T_k adalah waktu operasi kumulatif sampai akhir suatu interval ke-*k* dan $F(T_k)$ adalah nilai CDF pada saat T_k (Kabir, 1998 dan Tobias, 2008).

Dengan menghubungkan p'_k pada persamaan (2.8), maka persamaan untuk mendapatkan peluang kerusakan pada suatu interval dapat dimodifikasi menjadi:

$$p_k = \frac{f_k - (\sum_{j=1}^{k} f_j p'_{k-j}) t_k}{f_o} \quad \text{di mana } i = 1,2,..., k \text{ dan } k = 1,2,3, \ldots, n \tag{2.22}$$

di mana $p_0 = 0$.

Penduga nilai CDF dapat diperoleh dari:

$$F(kt) \equiv F_k = \sum_{j=1}^{k} p_j \quad \text{di mana } i = 1,2,..., k \text{ dan } k = 1,2,3, \ldots, n \tag{2.23}$$

2.7.2. Metode Pendekatan *Average Interval Failure Rate* (AIFR)

Pada metode ini, akan digunakan AFR (*Average Failure Rate*) untuk interpolasi dan ekstrapolasi proporsi kerusakan. AFR dapat diartikan sebagai rata-rata laju kerusakan pada suatu interval.

Dalam Tobias and Trindade (1995), Tobias (2008) serta Fernandes (2008), perumusan AFR adalah sebagai berikut:

apabila $F(t) = 1 - e^{\left(-\int_0^t \lambda(t)dt\right)}$ dan $H(t) = \int_0^t \lambda(t)dt$

Maka *F(t)* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F(t) = 1 - e^{(-H(t))}$$, karena *R(t)* + *F(t)* = 1, maka:

$$R(t) = e^{(-H(t))}$$

$$\ln R(t) = \ln\left(e^{(-H(t))}\right)$$

$$\ln R(t) = -H(t)$$

$$H(t) = -\ln R(t)$$

$$\lambda(t) = \frac{-d \ln R(t)}{dt}$$

di mana:

$H(t)$: Fungsi kumulatif dari laju kerusakan

$\lambda(t)$: Laju kerusakan pada waktu ke-*t*

Kemudian dapat didefinisikan rata-rata laju kerusakan (AFR) antara waktu T_{k-1} dan T_k adalah:

$$h_k = AFR(T_{k-1}, T_k) = \frac{\left(\int_{T_{k-1}}^{T_k} \lambda(t)dt\right)}{T_k - T_{k-1}} = \frac{H(T_k) - H(T_{k-1})}{T_k - T_{k-1}}$$

$$= \frac{\ln[R(T_{k-1})] - \ln[R(T_k)]}{T_k - T_{k-1}}$$

$$= \frac{\ln[1 - F(T_{k-1})] - \ln[1 - F(T_k)]}{T_k - T_{k-1}} \qquad (2.24)$$

di mana:

$R(T_k)$: Fungsi reliabilitas pada T_k

h_k : Rata-rata laju kerusakan pada akhir interval ke-*k*

Kemudian dengan mensubtitusikan nilai h_{k-j} pada p_{k-j} dalam persamaan (2.8), maka persamaan tersebut menjadi:

$$p_k = \frac{f_k - (\sum_{j=1}^{k} f_j h_{k-j}) t_k}{f_0}$$ di mana *i* = 1,2,..., *k* dan *k* = 1,2,3, …,*n*

(2.25)

di mana $h_0 = 0$.

Kemudian penduga nilai CDF dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.23).

2.7.3. Metode Pendekatan *Sequential Updating of the Distribution Function* (SUDF)

Dalam Kabir (1998) dinyatakan bahwa, metode SUDF berbeda dari dua metode lain (PLDF dan AIFR), di mana parameter distribusi Weibull diduga di akhir setelah semua nilai p_k dihitung. Pada pendekatan ini parameter distribusi Weibull diduga berturut-turut pada akhir suatu interval, menggunakan penduga parameter yang diperoleh pada proses sebelumnya. Pada penelitian ini nilai awal (*initial value*) penduga parameter distribusi Weibull hanya diperoleh pada akhir interval kedua. Peluang kerusakan (*interval failure probability*) pada akhir suatu interval dihitung dengan persamaan:

$$p_k = \frac{f_k - \left(\sum_{j=1}^{k-1} f_j [F(T_k - T_{k-j}) - F(T_{k-1} - T_{k-j})]\right)}{f_0} \text{ di mana } k = 3,4,\ldots,n \quad (2.26)$$

maka nilai p_1 dan $F(T_1)$ untuk interval pertama, dapat diperoleh dengan:

$$p_1 = \frac{f_1}{f_0} \text{ dan } F(T_1) = p_1 \quad (2.27)$$

sedangkan untuk interval kedua, nilai p_2 dan $F(T_2)$ diperoleh menggunakan persamaan (2.21) dan (2.22).

Kemudian dilakukan proses pendugaan parameter (α,β) dengan menggunakan metode grafik.

Untuk k = 3, 4, …,n ,nilai $F(T_j)$, j = 1,2, …, k-1, diperoleh dengan menggunakan nilai parameter (α,β) dari proses sebelumnya, dan

$$F(T_k) = 1 - exp\left(-\left[\frac{T_j}{\alpha}\right]^{\beta}\right) \quad (2.28)$$

Kemudian nilai p_k dihitung menggunakan persamaan (2.26), selanjutnya menghitung nilai $F(T_k)$, yaitu:

$$F(T_k) = F(T_{k-1}) + p_k \quad (2.29)$$

dan pada akhirnya menduga nilai parameter (α,β) dengan metode grafik.

2.8. Metode Simulasi

2.8.1. Definisi Simulasi

Menurut Richard (2002), simulasi dapat didefinisikan sebagai prosedur kuantitatif yang menirukan operasi suatu sistem yang terjadi di dunia nyata dan menerapkan serangkaian uji coba terencana untuk memprediksikan tingkah laku sistem sepanjang waktu. Simulasi dilakukan dengan terlebih dahulu membangun model simulasi.

2.8.2. Alasan dan Kelemahan Menggunakan Simulasi

Dalam Richard (2002), alasan simulasi sering digunakan untuk memecahkan suatu persoalan, antara lain:

1. Simulasi merupakan satu-satunya metode yang dapat digunakan jika lingkungan sesungguhnya sulit diamati.
2. Pengamatan sistem yang sebenarnya sangat mahal.
3. Tidak ada waktu yang cukup untuk memungkinkan sistem bekerja secara terus-menerus.

Penggunaan teknik simulasi mengandung beberapa kekurangan dalam pendekatan yang dilakukan, antara lain :

1. Hasil simulasi tidak bisa sama persis dengan nilai sebenarnya.
2. Model simulasi yang bagus mungkin sangat mahal dan dibutuhkan waktu yang lama untuk mengembangkan model simulasi tersebut.
3. Tidak semua situasi dapat dievaluasi dengan menggunakan simulasi. Hanya situasi yang melibatkan ketidakpastian yang dapat disimulasikan.

(Richard, 2002)

2.8.3. Langkah-Langkah Proses Simulasi

Dalam Richard (2002) dan Sumarminingsih (2007), suatu simulasi yang efektif memerlukan sejumlah langkah perencanaan. Meskipun simulasi bervariasi kerumitannya dari suatu situasi ke situasi lain, pada umumnya langkah-langkah yang harus dilalui adalah:

1. Menentukan persoalan atau sistem yang hendak disimulasikan.
2. Memformulasikan model yang akan digunakan.

3. Identifikasikan dan kumpulkan data yang diperlukan untuk menguji model.
4. Melakukan simulasi.
5. Melakukan kembali simulasi, jika diperlukan.
6. Melakukan validasi hasil simulasi dengan membandingkan dengan kondisi yang sesungguhnya.

2.8.4. Klasifikasi Simulasi

Dalam Petra (2004) dan Sumarminingsih (2007) dinyatakan bahwa simulasi diklasifikasikan menjadi dua yaitu :

1. Model Simulasi Statis (*Static Simulation Model*) yang digunakan untuk menyatakan suatu sistem di mana waktu tidak memegang peranan penting, seperti Simulasi *Monte Carlo*.
2. Model Simulasi Dinamis (*Dynamic Simulation Model*) yaitu suatu model simulasi di mana waktu memegang peranan yang penting.

Dalam dua klasifikasi tersebut simulasi dapat bersifat deterministik atau stokastik, apabila suatu model simulasi tidak mengandung komponen yang bersifat probabilistik atau random maka disebut model simulasi deterministik. Akan tetapi, jika suatu model simulasi mengandung komponen yang bersifat random maka model simulasi tersebut adalah model simulasi stokastik.

2.8.5. Proses Pembangkitan Data Dalam Simulasi

Suharianto (2007) menyatakan bahwa, untuk membangkitkan simulasi stokastik sangat dibutuhkan serangkaian peubah acak yang berdistribusi seragam (misalnya $U(0,1)$). Alasan penggunaan distribusi *Uniform* karena distribusi ini memberikan peluang yang sama dalam mencakup suatu distribusi kontinu, maka distribusi *Uniform* dapat digunakan sebagai acuan. Distribusi *Uniform* merupakan distribusi yang paling sederhana, memiliki kepekatan peluang yang tetap pada interval [a,b] dan 0 untuk kepekatan peluang yang lain. Untuk membangkitkan data dari suatu distribusi dengan fungsi kepekatan peluang $f(x)$, maka terdapat beberapa kondisi yang dihadapi, antara lain :

1. Ada transformasi langsung dari $U(0,1)$ ke X yang memiliki fungsi kepekatan peluang $f(x)$. untuk kondisi ini maka tinggal mencari fungsi $D(u)$ yang mentransformasikan $U(u)$ = 1,

$0 < u < 1$ ke X dengan $f(x)$.

2. Tidak ada transformasi langsung yang menghubungkan $U(0,1)$ dengan X yang memiliki fungsi kepekatan peluang $f(x)$ tetapi invers fungsi kumulatif $F^{-1}(x)$ dapat ditentukan. Untuk kondisi ini dapat menggunakan teknik yang disebut Metode Transformasi Invers.
3. Tidak ada transformasi langsung yang menghubungkan antara $U(0,1)$ dengan $f(x)$ dan invers kumulatifnya $F^{-1}(x)$ tidak dapat ditentukan. Untuk kondisi ini, dapat dibangkitkan X dengan menggunakan prinsip Monte Carlo.

2.8.6. Metode Transformasi Invers

Dalam Sumarminingsih (2007) dikatakan bahwa Metode Transformasi Invers atau *Inverse Transformation Method* (ITM) secara umum digunakan untuk distribusi yang memiliki fungsi kumulatif yang dapat diperoleh dalam bentuk tertutup, misal distribusi Eksponensial dan distribusi Weibull.

Algoritma ITM terdiri dari 3 langkah, yaitu:

1. Bila diketahui fungsi kepekatan peluang $f(x)$ untuk variabel acak X, maka fungsi kumulatifnya adalah:

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)\, dx$$

2. Membangkitkan bilangan acak r yang mengikuti $U(0,1)$
3. Menyatakan $r = F(x)$ maka x dapat dibangkitkan menggunakan persamaan:

$$x = F^{-1}(r) \qquad (2.30)$$

2.8.7. Simulasi Pendugaan Parameter Distribusi Weibull

Dalam Kabir (1998) dan Tobias and Trindade (1995) dikatakan bahwa untuk pengujian keefektifan metode-metode pendekatan tersebut dilakukan melalui suatu simulasi dengan membangkitkan bilangan-bilangan yang selanjutnya dapat digunakan untuk mendapatkan nilai parameter distribusi Weibull. Menurut Law and Kelton (2007), langkah-langkah simulasi untuk membangkitkan waktu operasi kumulatif dan banyak kerusakan yang bersesuaian yaitu:

1. Membangkitkan bilangan acak yang mengikuti distribusi *uniform* dengan rentang 0,02 – 0,10 dan menyatakannya sebagai p_k.
2. Mengulangi langkah 1 jika $\sum_{k=1}^{n} p_k < 0{,}95$ dan banyaknya pengulangan yang diperlukan dinyatakan sebagai n (ukuran sampel).
3. Menghitung waktu operasi kumulatif (T_k) berdasarkan persamaan (2.31) yakni melakukan ITM pada CDF distribusi Weibull pada persamaan (2.4), yaitu :

$$T_k = \alpha\left[-\ln(1-\sum_{j=1}^{k} p_j)\right]^{1/\beta} \qquad (2.31)$$

di mana:
j : 1,2, ..., k
k : 1,2, …, n

4. Menghitung banyaknya kerusakan pada setiap akhir interval (f_k) untuk setiap T_k yang bersesuaian yaitu:

$$f_0 = N$$

$$f_1 = f_0 p_1$$

$$\vdots \qquad \vdots$$

$$f_k = f_0 p_k + \sum_{j=1}^{k-1} f_j \left\{\left[1-\exp\left(-\left(\frac{T_k - T_j}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right] - \left[1-\exp\left(-\left(\frac{T_{k-1} - T_j}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right]\right\} \qquad (2.32)$$

untuk j : 1,2, ..., k-1 dan k = 2, 3, …, n
di mana:
N : total banyaknya unit yang beroperasi

2.9. Pengujian Kesamaan Dua Parameter Distribusi Weibull

Menurut Bain (1978), Shiu and Bain (1983) dalam Bhattacharya (2008) serta Thoman and Bain (1969), dari penduga parameter distribusi Weibull yang telah diperoleh dapat dilakukan suatu pengujian guna mengetahui kesamaan dua parameter distribusi Weibull. Pada penelitian ini digunakan uji *Bain's* untuk menguji hal tersebut. Uji *Bain's* digunakan pada:

1. Pengujian kesamaan parameter-parameter bentuk (β)
2. Pengujian kesamaan parameter-parameter skala (α)

Pandang dua pasangan parameter distribusi Weibull, yaitu (β_0, α_0) dan (β_1, α_1), di mana:

β_0 : nilai parameter bentuk sebenarnya/yang ditetapkan

α_0 : nilai parameter skala sebenarnya/yang ditetapkan

β_1 : nilai parameter bentuk hasil simulasi

α_1 : nilai parameter skala hasil simulasi

maka prosedur pengujiannya adalah :

1. Pengujian kesamaan parameter-parameter bentuk (β).
   Menurut hipotesis:
   $H_0: \beta_1 = \beta_0$ lawan $H_1: \beta_1 \neq \beta_0$
   statistik uji $= \dfrac{Max\{\beta_1, \beta_0\}/h}{Min\{\beta_1, \beta_0\}/h} \sim F^{\alpha^*}_{[h,h]}$
   di mana, $\alpha^* = 0{,}05$
   $h = 2n - 2 = 2(n - 1)$
   n = ukuran sampel
   Penerimaan H_0 mengindikasikan bahwa nilai parameter bentuk hasil simulasi sama/sesuai dengan nilai parameter bentuk sebenarnya.

2. Pengujian kesamaan parameter-parameter skala (α).
   Menurut hipotesis:
   $H_0: \alpha_1 = \alpha_0$ lawan $H_1: \alpha_1 \neq \alpha_0$
   statistik uji $= \dfrac{Max\{\alpha_1, \alpha_0\}/h}{Min\{\alpha_1, \alpha_0\}/h} \sim F^{\alpha^*}_{[h,h]}$
   di mana, $\alpha^* = 0{,}05$
   $h = 2n - 2 = 2(n - 1)$
   n = ukuran sampel

Jika H_0 diterima mengindikasikan bahwa nilai parameter skala hasil simulasi sama/sesuai dengan nilai parameter skala sebenarnya.

2.10. *Mean Square Error* (MSE)

Dalam Holy (2007) serta Zaindin and Ammar (2009), *Mean Square Error* (MSE) adalah rasio antara jumlah kuadrat *error* dan jumlah periode amatan. Untuk mengetahui kebaikan suatu metode pendugaan parameter, nilai MSE 3 metode pendekatan tersebut dibandingkan. Semakin kecil nilai MSE, semakin kecil kesalahan pendugaan/*error* dan sebaliknya. MSE secara umum dirumuskan pada persamaan (2.33) sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{u} e_t^2}{u} = \frac{\sum_{t=1}^{u} (D_t - F_t)^2}{u} \tag{2.33}$$

di mana:

t : indeks iterasi (1,2,…,u)

e_t : *error* pada pengamatan ke-t

D_t : nilai sebenarnya (nilai aktual) ke-t

F_t : nilai hasil simulasi ke-t

u : banyaknya iterasi

Kemudian, dari persamaan (2.30) dapat dirumuskan MSE untuk simulasi pendugaan parameter distribusi Weibull. Persamaan (2.34) untuk MSE parameter α dan persamaan (2.35) untuk MSE parameter β.

$$MSE_{\alpha} = \frac{\sum_{t=1}^{u} e_t^2}{u} = \frac{\sum_{t=1}^{u} (\alpha_0 - \alpha_t)^2}{u} \tag{2.34}$$

$$MSE_{\beta} = \frac{\sum_{t=1}^{u} e_t^2}{u} = \frac{\sum_{t=1}^{u} (\beta_0 - \beta_t)^2}{u} \tag{2.35}$$

di mana:

α_0 : nilai parameter skala sebenarnya/yang ditetapkan

α_t : nilai parameter skala hasil simulasi untuk iterasi ke-t

β_0 : nilai parameter bentuk sebenarnya/yang ditetapkan

β_t : nilai parameter bentuk hasil simulasi untuk iterasi ke-*t*

2.11. Ragam/*Variance* (S^2)

Dalam Mendenhall *et al.*(2004), dinyatakan bahwa keragaman dari sekumpulan data amatan merupakan rata-rata kuadrat simpangan antara data dengan rata-ratanya dibagi dengan banyaknya amatan dikurangi 1 (derajat bebas). Ragam ditujukan untuk melihat besarnya keragaman pada simulasi pendugaan parameter α dan parameter β, kemudian nilai ragam ini akan dibandingkan untuk 3 metode pendekatan pendugaan parameter distribusi Weibull (PLDF, AIFR dan SUDF) tersebut guna melihat metode manakah yang menghasilkan nilai dugaan parameter yang lebih homogen / tidak beragam. Maka dapat dirumuskan persamaan (2.36) untuk keragaman hasil simulasi parameter skala (α) dan persamaan (2.37) untuk parameter bentuk (β), yaitu:

$$s_\alpha^2 = \frac{1}{u-1}\sum_{t=1}^{u}(\alpha_t - \overline{\alpha_u})^2 \tag{2.36}$$

$$s_\beta^2 = \frac{1}{u-1}\sum_{t=1}^{u}(\beta_t - \overline{\beta_u})^2 \tag{2.37}$$

di mana:

$\overline{\alpha_u}$: rata-rata nilai parameter skala hasil simulasi

$\overline{\beta_u}$: rata-rata nilai parameter bentuk hasil simulasi

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Data

Pada penelitian ini digunakan data simulasi dengan spesifikasi seperti disajikan pada Tabel 3.1. Untuk setiap spesifikasi data, simulasi ini dilakukan dalam 1000 kali iterasi. Distribusi fenomena kerusakan yang digunakan adalah distribusi Weibull 2-Parameter dengan 3 metode pendekatan yaitu PLDF, AIFR dan SUDF. Pemilihan nilai parameter α dan β yang digunakan dalam penelitian sesuai dengan karakteristik distribusi Weibull pada sub-bab 2.4.

Tabel 3.1. Spesifikasi Data Penelitian

No Spesifikasi	**Parameter Skala (α)**	**Parameter Bentuk (β)**
Spesifikasi 1	100	0,9
Spesifikasi 2	100	1
Spesifikasi 3	100	2
Spesifikasi 4	100	3
Spesifikasi 5	100	4
Spesifikasi 6	1000	0,9
Spesifikasi 7	1000	1
Spesifikasi 8	1000	2
Spesifikasi 9	1000	3
Spesifikasi 10	1000	4

3.2. Metode

Langkah-langkah analisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

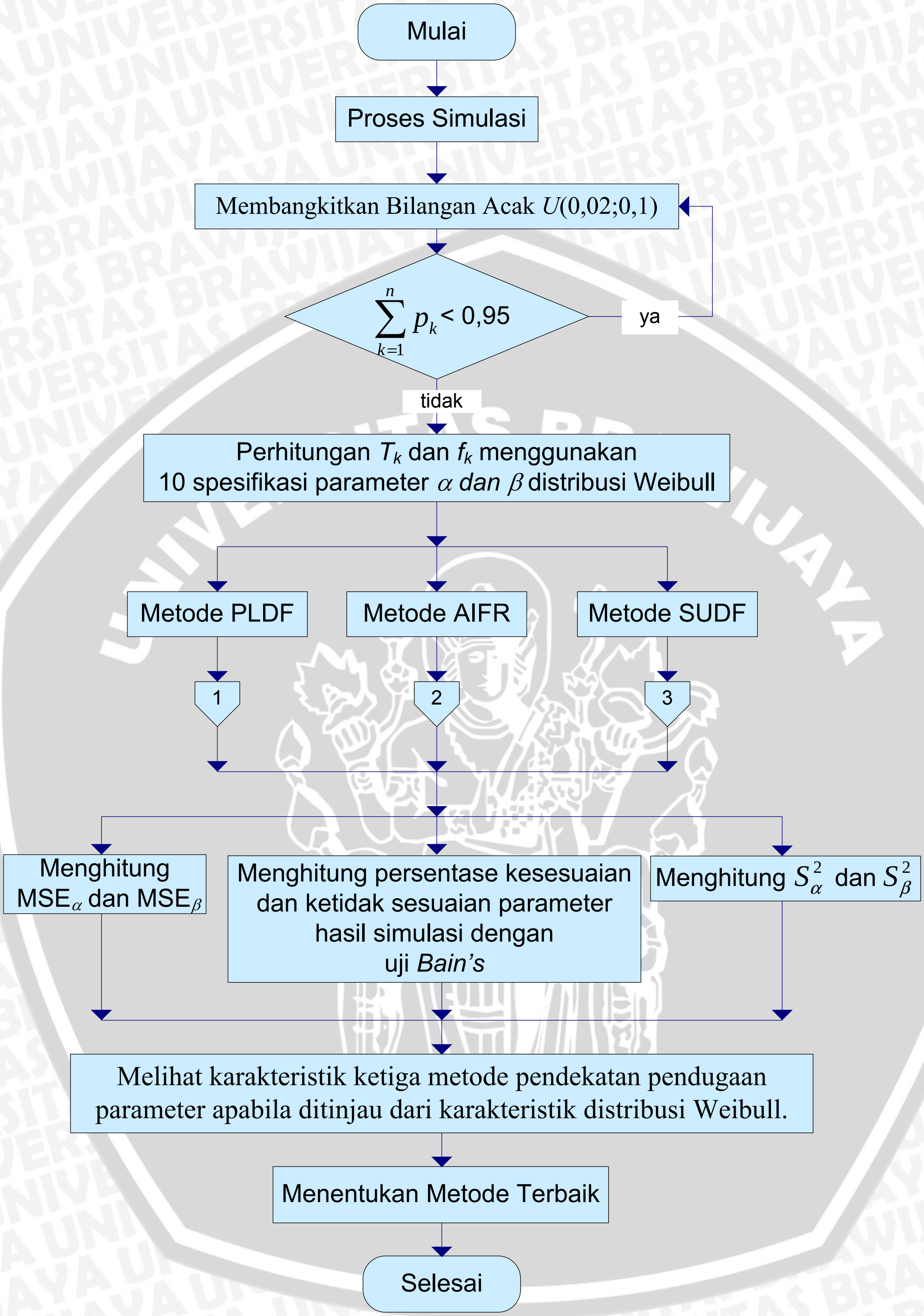
1. Melakukan proses simulasi dengan tiga metode:
   a. Membangkitkan bilangan acak dari $U(0{,}02;0{,}10)$ dan menyatakannya sebagai p_k .

b. Mengulangi langkah a jika $\sum_{k=1}^{n} p_k <$ 0,95 dan banyaknya pengulangan yang diperlukan dinyatakan sebagai n (*sample size*).
c. Menghitung waktu operasi kumulatif T_k yakni dengan menggunakan invers CDF distribusi Weibull berdasarkan persamaan (2.31). Perhitungan ini menggunakan 10 spesifikasi parameter α dan β distribusi Weibull yang tersaji pada Tabel 3.1.
d. Menghitung banyaknya kerusakan f_k dengan persamaan (2.32) menggunakan 10 spesifikasi parameter α dan β distribusi Weibull yang tersaji pada Tabel 3.1.

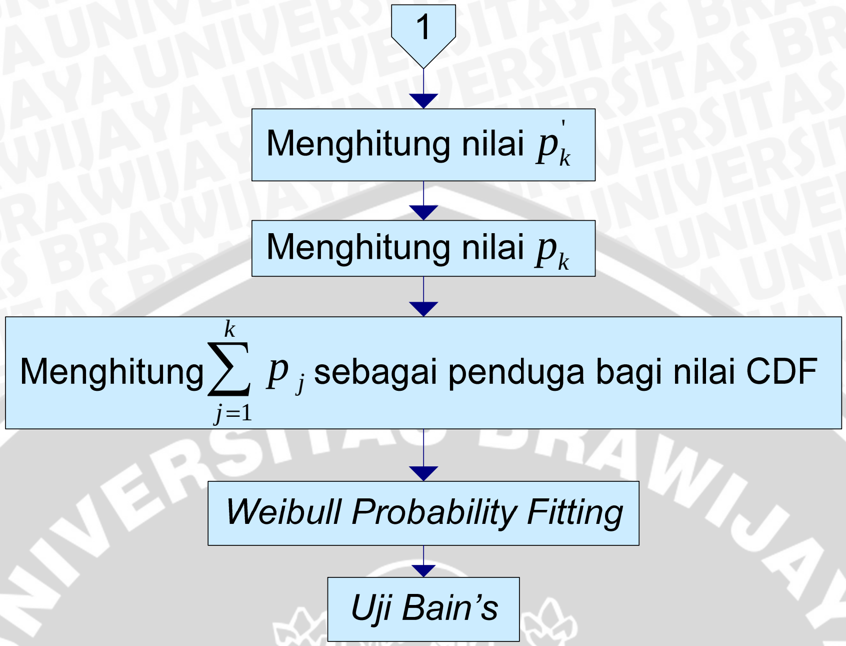
2. Simulasi pendugaan parameter dengan metode pendekatan PLDF, yaitu :
   a. Menghitung nilai p'_k dengan persamaan (2.21).
   b. Menghitung nilai p_k dengan persamaan (2.22).
   c. Menghitung $\sum_{j=1}^{k} p_j$ sebagai penduga bagi nilai CDF.
   d. Melakukan metode grafik untuk menduga parameter-parameter distribusi Weibull.
   e. Melakukan uji *Bain's* untuk dua parameter distribusi Weibull.
3. Simulasi pendugaan parameter dengan metode pendekatan AIFR, yaitu :
   a. Menghitung nilai h_k dengan persamaan (2.24).
   b. Menghitung nilai p_k dengan persamaan (2.25).
   c. Menghitung $\sum_{j=1}^{k} p_j$ sebagai penduga bagi nilai CDF.
   d. Melakukan metode grafik untuk menduga parameter-parameter distribusi Weibull.
   e. Melakukan uji *Bain's* untuk dua parameter distribusi Weibull.

4. Simulasi pendugaan parameter dengan metode pendekatan SUDF, yaitu:
   a. Menghitung nilai p_1 dan $F(T_1)$ untuk k = 1 dengan persamaan (2.27).
   b. Menghitung nilai p_2 dan $F(T_2)$ untuk k = 2 dengan persamaan (2.21) dan (2.22).
   c. Melakukan metode grafik untuk menduga parameter-parameter distribusi Weibull.
   d. Untuk k = 3, 4, … ,n , menghitung $F(T_j)$, j = 1,2, …, k-1 dengan menggunakan nilai parameter (α,β) dari proses sebelumnya, berdasarkan persamaan (2.28).
   e. Menghitung nilai p_k menggunakan persamaan (2.26) , hitung nilai $F(T_k)$ menggunakan persamaan (2.29).
   f. Menduga nilai parameter (α,β) dengan metode grafik.
   g. Melakukan uji *Bain's* untuk dua parameter Distribusi Weibull.
5. Menentukan indikator pemilihan metode terbaik dengan:
   a. Menghitung nilai MSE antara nilai parameter α dan parameter β sebenarnya dengan hasil simulasi dari ketiga metode tersebut menggunakan persamaan (2.34) dan (2.35).
   b. Menghitung persentase hasil uji *Bain's*.
   c. Menghitung nilai keragaman parameter α (S_α^2) dan keragaman parameter β (S_β^2) menggunakan persamaan (2.36) dan (2.37).
6. Melihat karakteristik ketiga metode pendekatan pendugaan parameter apabila ditinjau dari karakteristik distribusi Weibull.
7. Pemilihan metode terbaik berdasarkan ketiga indikator pada langkah 5.

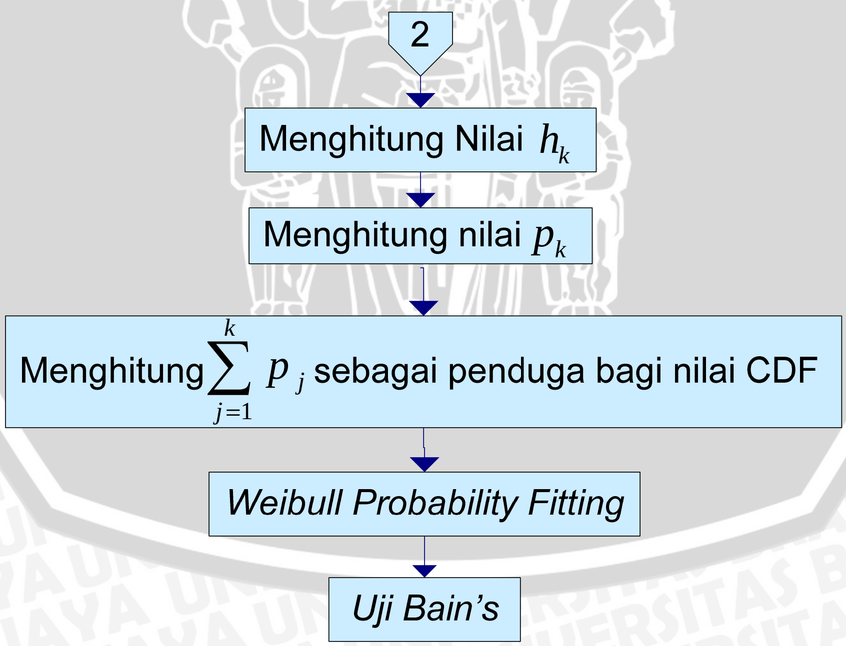
Perhitungan dan proses simulasi dalam penelitian ini menggunakan bantuan *software* Minitab 15 dan Microsoft Excel. Secara sistematis langkah-langkah analisis dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1-3.4.



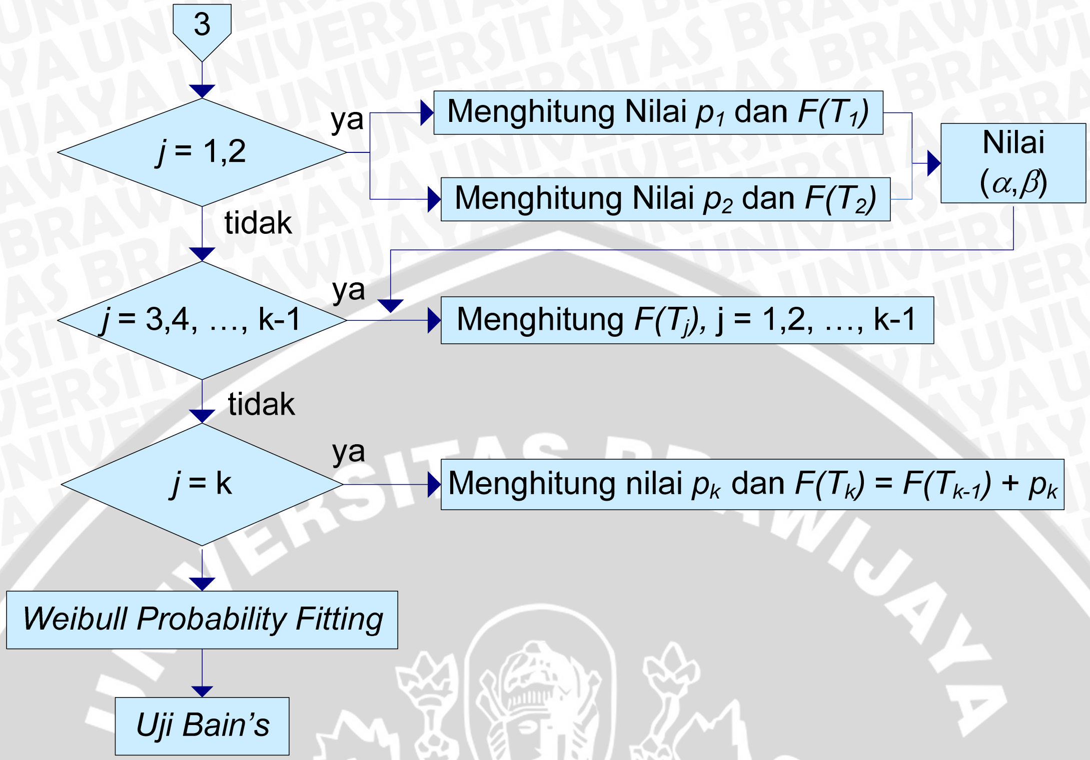
Gambar 3.1. Bagan Diagram Alir Metode Penelitian



Gambar 3.2. Bagan Diagram Alir Metode Pendekatan PLDF



Gambar 3.3. Bagan Diagram Alir Metode Pendekatan AIFR



Gambar 3.4. Bagan Diagram Alir Metode Pendekatan SUDF

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses simulasi terlebih dahulu dilakukan dengan membangun susunan simulasi yang akan menghasilkan *output* nilai parameter skala (α) dan parameter bentuk (β) dari distribusi Weibull 2-parameter. *Macro* Minitab 15 yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 1-3.

4.1. Struktur Simulasi

Proses simulasi yang dilakukan tergolong merupakan simulasi dinamis yang bersifat stokastik. Struktur simulasi untuk kasus pendugaan parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan komponen yang tidak tetap dengan waktu kerusakan komponen yang tidak diketahui berdasarkan pada sub-bab 2.8.7, di mana :

1. Waktu operasi kumulatif (T_k), yaitu :

$$T_k = \alpha\left[-\ln(1-\sum_{j=1}^{k} p_j)\right]^{1/\beta} = \alpha\left[-\ln(1-(p_1+p_2+p_3+\ldots+p_k)\right]^{1/\beta}$$

di mana p merupakan peluang kerusakan pada suatu interval. Nilai peluang p diperoleh dari hasil bangkitan bilangan acak $U(0{,}02;0{,}1)$ sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.

2. Banyaknya kerusakan (f_k), yaitu :

$$f_0 = N = 30$$

$$f_1 = f_0 p_1$$

$$f_2 = f_0 p_2 + f_1\left\{\left[1-\exp\left(-\left(\frac{T_2-T_1}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right]-\left[1-\exp\left(-\left(\frac{T_1-T_1}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right]\right\}$$

$$f_3 = f_0 p_3 + f_1\left\{\left[1-\exp\left(-\left(\frac{T_3-T_1}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right]-\left[1-\exp\left(-\left(\frac{T_2-T_1}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right]\right\}+f_2\left\{\left[1-\exp\left(-\left(\frac{T_3-T_2}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right]-\left[1-\exp\left(-\left(\frac{T_2-T_2}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right]\right\}$$

$$\vdots \quad \vdots \qquad \vdots$$

$$f_n = f_0 p_n + \sum_{j=1}^{n-1} f_j\left\{\left[1-\exp\left(-\left(\frac{T_n-T_j}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right]-\left[1-\exp\left(-\left(\frac{T_{n-1}-T_j}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right]\right\}$$

Nilai T_k dan f_k yang diperoleh kemudian digunakan untuk menduga parameter Distribusi Weibull menggunakan metode pendekatan PLDF, AIFR dan SUDF.

Untuk setiap simulasi yang dilakukan, digunakan f_0 sebanyak 30 komponen, di mana f_0 merupakan banyak komponen yang dipasang pada saat awal mesin beroperasi. Sedangkan untuk banyak iterasi yang dilakukan adalah 1000 kali.

4.2. Proses dan Hasil Simulasi

4.2.1. Simulasi Pendugaan Parameter α dan β distribusi Weibull Pada Spesifikasi Data Penelitian 1

Untuk spesifikasi data penelitian 1, persamaan distribusi Weibull menggunakan parameter α = 100 dan β = 0,9, dengan fungsi kepekatan peluang sebagai berikut :

$$f(t) = 0{,}009\left[\frac{t}{100}\right]^{-0{,}1} exp\left(-\left[\frac{t}{100}\right]^{0{,}9}\right)$$

Hasil simulasi pendugaan parameter distribusi Weibull dengan metode pendekatan PLDF, didapatkan $MSE_\alpha = 861{,}4632$ dan $MSE_\beta =$ 0,0919. Untuk hasil pendugaan parameter dengan metode ini dapat dilihat pada Lampiran 4. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 93,4% hasil simulasi telah sesuai dan 6,6% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 91,4% hasil simulasi telah sesuai dan 8,6% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.1 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi untuk parameter α cukup beragam dengan keragaman (S^2_α) sebesar 358,2890, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.2 (A) dapat dilihat bahwa hasil simulasi untuk parameter β juga cukup beragam dengan keragaman (S^2_β) sebesar 0,0610, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode PLDF menghasilkan penduga parameter yang cukup baik pada kondisi parameter $\alpha = 100$ dan $\beta = 0,9$.

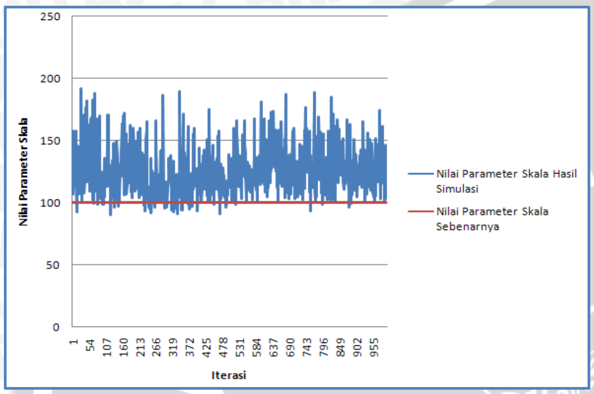
Dengan menggunakan metode pendekatan AIFR, didapatkan $MSE_\alpha = 988,4772$ dan $MSE_\beta = 0,1103$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 5. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 91,3% hasil simulasi telah sesuai dan 8,7% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 74% hasil simulasi telah sesuai dan 26% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.1 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi untuk parameter α amat beragam dengan keragaman (S_α^2) sebesar 721,7270, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.2 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi untuk parameter β amat beragam dengan keragaman (S_β^2) sebesar 0,0831, bersifat *under-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode AIFR menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter $\alpha = 100$ dan $\beta = 0,9$.

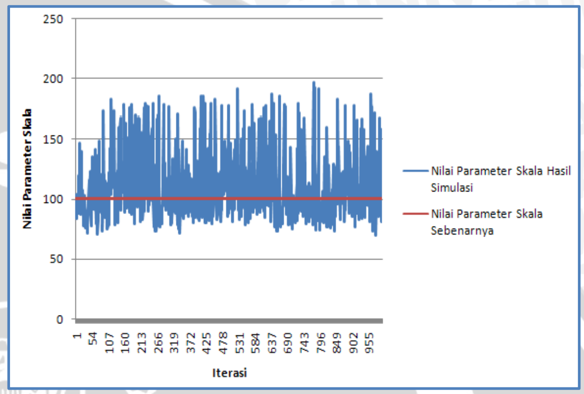
Dengan menggunakan metode pendekatan SUDF diperoleh $MSE_\alpha = 0,9154$ dan $MSE_\beta = 6,2084\text{x}10^{-6}$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 6. Berdasarkan uji *Bain's* dari hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.1 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi untuk parameter α tidak beragam dengan keragaman (S_α^2) sebesar 0,9150, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.2 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi untuk parameter β juga tidak beragam dengan keragaman (S_β^2)

sebesar 6,2084x10^{-6}, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

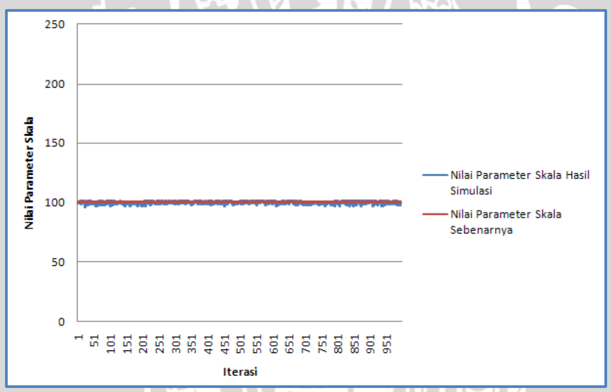
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode SUDF menghasilkan penduga parameter yang baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 0,9.



(A)

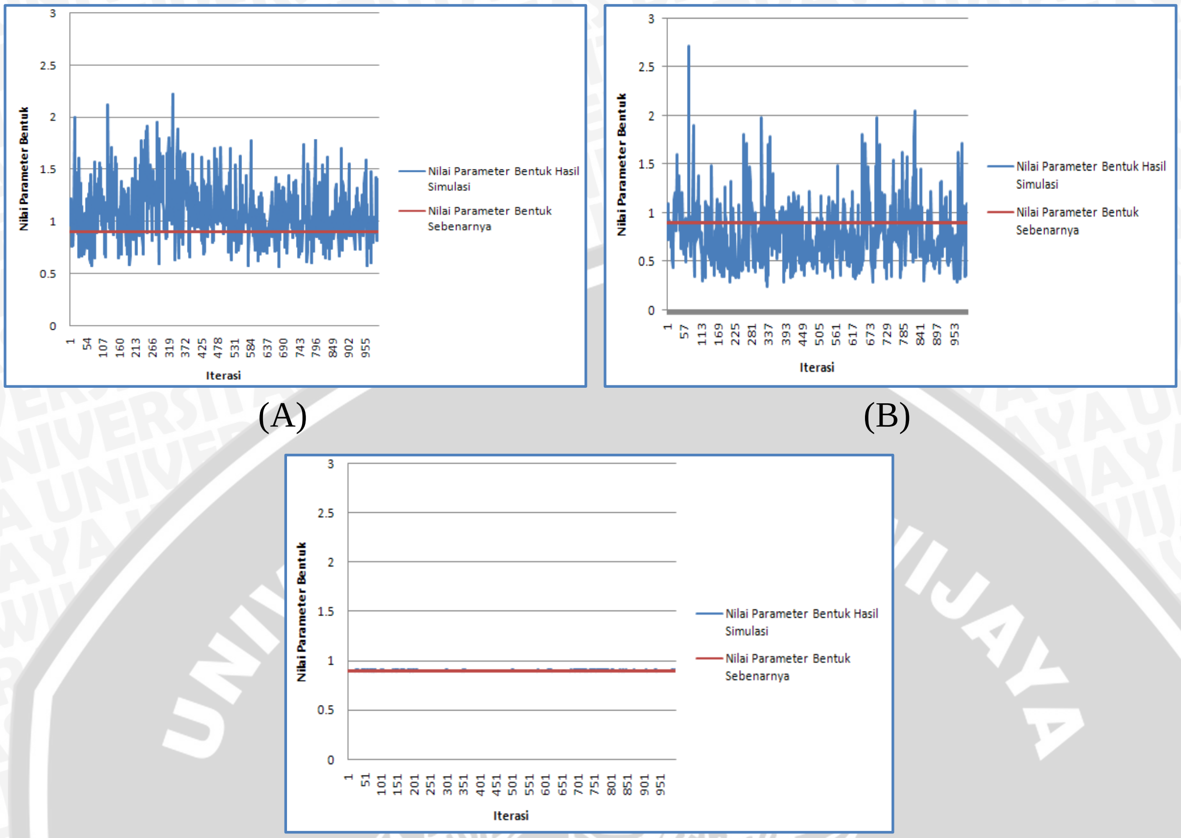


(B)



(C)

Gambar 4.1. Hasil simulasi pendugaan parameter α distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 1.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF



(A) (B)

(C)

Gambar 4.2. Hasil simulasi pendugaan parameter β distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 1.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF

Berdasarkan hasil pendugaan parameter distribusi Weibull dengan 3 metode pendekatan untuk spesifikasi data penelitian 1, dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR, karena memiliki nilai MSE_{α} minimum, MSE_{β} minimum, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam (nilai S_{α}^{2} dan S_{β}^{2} rendah).

4.2.2. Simulasi Pendugaan Parameter α dan β distribusi Weibull Pada Spesifikasi Data Penelitian 2

Untuk spesifikasi data penelitian 2, persamaan distribusi Weibull menggunakan parameter α = 100 dan β = 1, dengan fungsi kepekatan peluang sebagai berikut :

$$f(t) = 0{,}01\left[\frac{t}{100}\right]^{0} exp\left(-\left[\frac{t}{100}\right]^{1}\right)$$

Hasil simulasi pendugaan parameter distribusi Weibull dengan metode pendekatan PLDF, didapatkan $MSE_{\alpha} = 825{,}1719$ dan $MSE_{\beta} =$ 0,0701. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 7. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 95,4% hasil simulasi telah sesuai dan 4,6% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 95,2% hasil simulasi telah sesuai dan 4,8% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.3 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi untuk parameter α cukup beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 310,5528, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.4 (A) dapat dilihat bahwa, untuk parameter β hasil simulasi cukup beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,0549, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

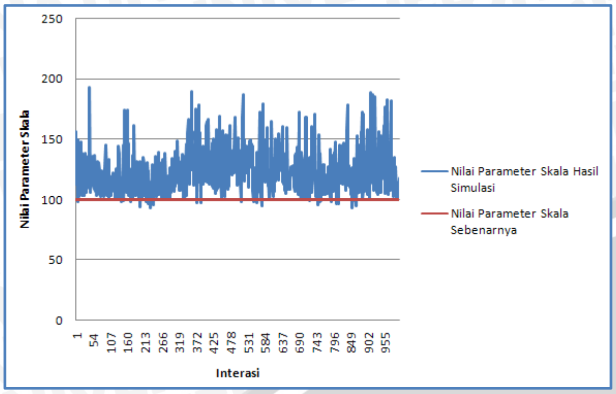
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode PLDF menghasilkan penduga parameter yang cukup baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 1.

Dengan menggunakan metode pendekatan AIFR, didapatkan $MSE_{\alpha} = 854{,}9057$ dan $MSE_{\beta} = 0{,}1107$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 8. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 92% hasil simulasi telah sesuai dan 8% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 88,3% hasil simulasi telah sesuai dan 11,7% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.3 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi untuk parameter α amat beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 659,5392, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.4 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi untuk parameter β amat beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,1077, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

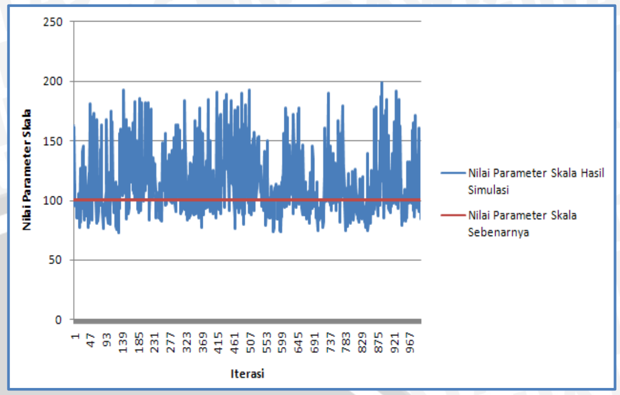
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode AIFR menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 1.

Dengan menggunakan metode pendekatan SUDF, diperoleh $MSE_{\alpha} = 0{,}0283$ dan $MSE_{\beta} = 2{,}5680\text{x}10^{-7}$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 9. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.3 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α tidak beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 0,0275, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.4 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β juga tidak beragam dengan keragaman (S_{β}^{2})sebesar 2,4184x10^{-7}, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

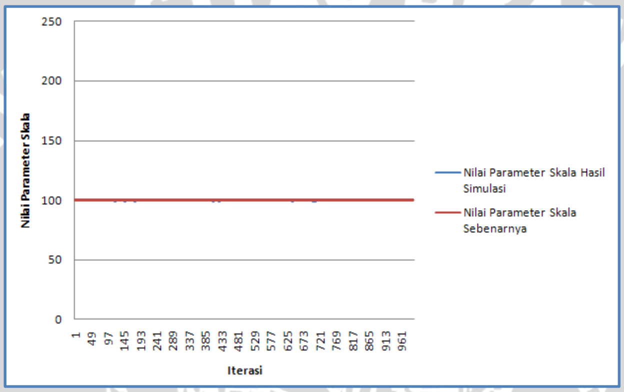
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode SUDF menghasilkan penduga parameter yang baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 1.



(A)

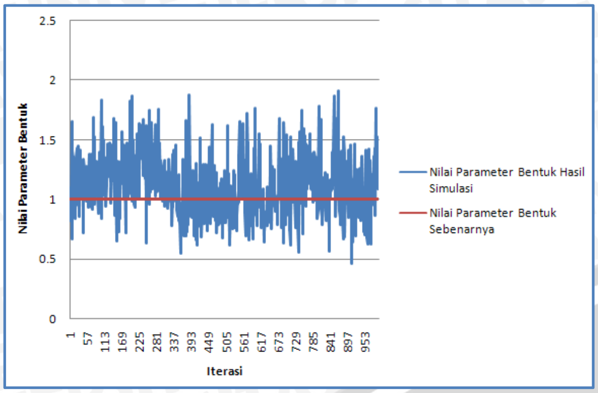


(B)

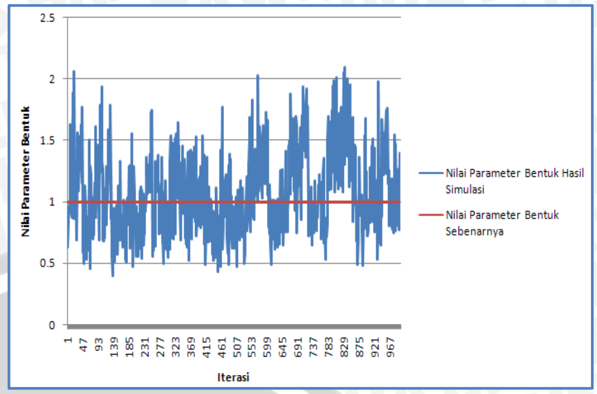


(C)

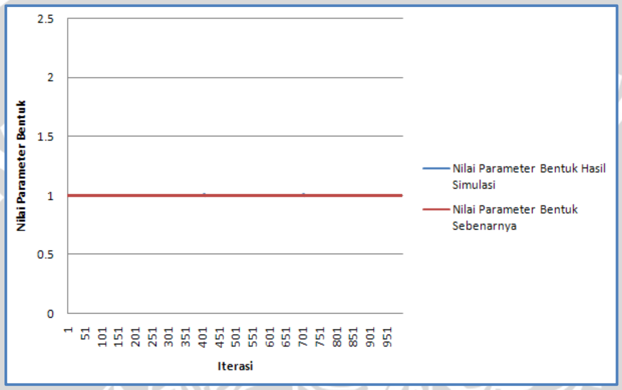
Gambar 4.3. Hasil simulasi pendugaan parameter α distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 2.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF



(A)



(B)



(C)

Gambar 4.4. Hasil simulasi pendugaan parameter β distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 2.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF

Berdasarkan hasil pendugaan parameter distribusi Weibull dengan 3 metode pendekatan untuk spesifikasi data penelitian 2, dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR, karena memiliki nilai MSE_{α} minimum, MSE_{β} minimum, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam (nilai S_{α}^{2} dan S_{β}^{2} rendah).

4.2.3. Simulasi Pendugaan Parameter α dan β distribusi Weibull Pada Spesifikasi Data Penelitian 3

Untuk spesifikasi data penelitian 3, persamaan distribusi Weibull menggunakan parameter α = 100 dan β = 2, dengan fungsi kepekatan peluang sebagai berikut :

$$f(t) = 0{,}02\left[\frac{t}{100}\right]^1 exp\left(-\left[\frac{t}{100}\right]^2\right)$$

Hasil simulasi pendugaan parameter distribusi Weibull dengan metode pendekatan PLDF, didapatkan $MSE_\alpha = 80{,}6663$ dan $MSE_\beta =$ 0,6856. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 10. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dan 0% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 83,8% hasil simulasi telah sesuai dan 16,2% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.5 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α amat beragam dengan keragaman (S_α^2) sebesar 79,4099, bersifat *over-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.6 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β amat beragam dengan keragaman (S_β^2) sebesar 1,0600, bersifat *over-estimate* dan tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

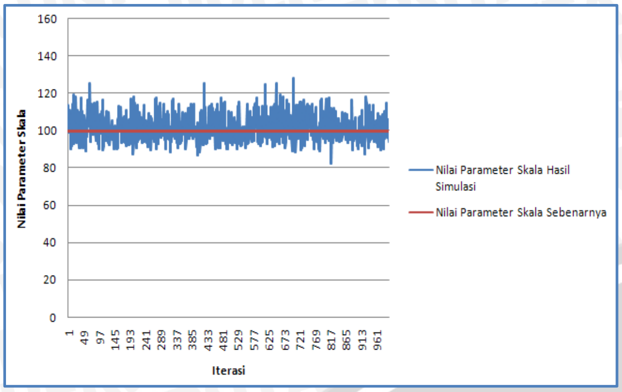
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode PLDF menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 2.

Dengan menggunakan metode pendekatan AIFR, didapatkan $MSE_\alpha = 52{,}5817$ dan $MSE_\beta = 1{,}8776$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 11. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 60,8% hasil simulasi telah sesuai dan 39,2% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.5 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α cukup beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 49,6181, bersifat *over-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya Pada Gambar 4.6 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β juga cukup beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,3273, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

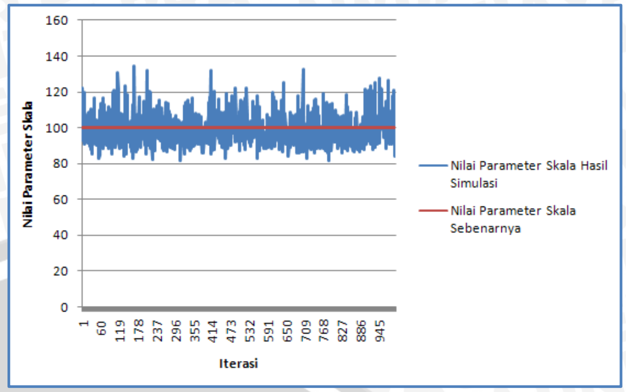
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode AIFR menghasilkan penduga parameter yang cukup baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 2.

Dengan menggunakan metode pendekatan SUDF, diperoleh $MSE_{\alpha} = 3{,}0468$ dan $MSE_{\beta} = 0{,}0006$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 12. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.5 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α tidak beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 0,6326, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.6 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β juga tidak beragam, dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,0001, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

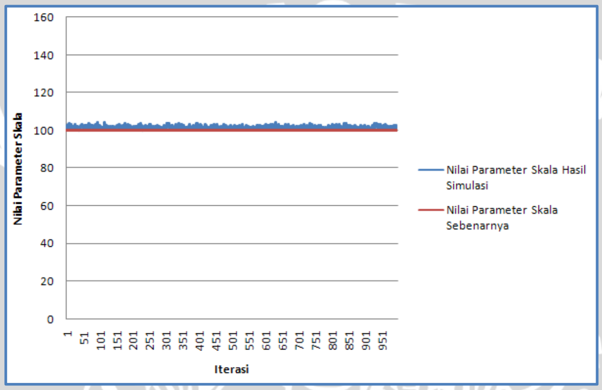
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode SUDF menghasilkan penduga parameter yang baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 2.



(A)

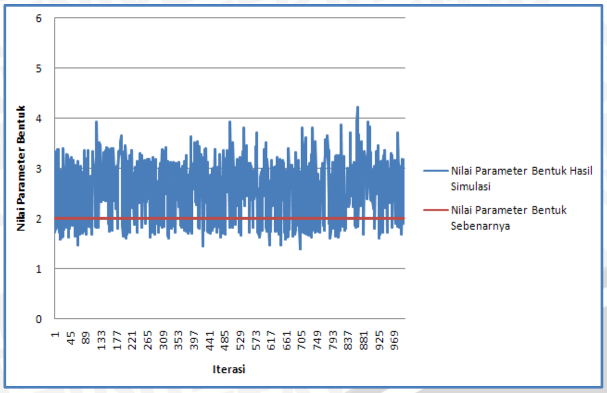


(B)

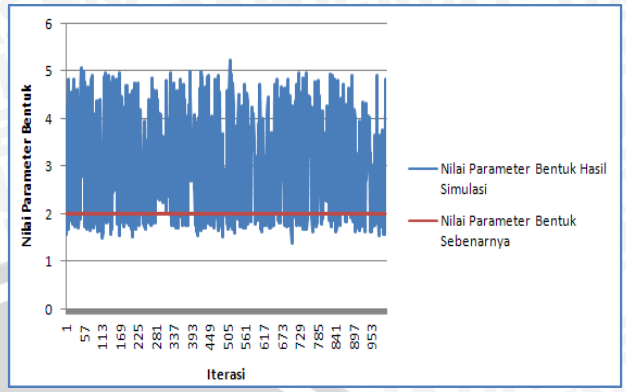


(C)

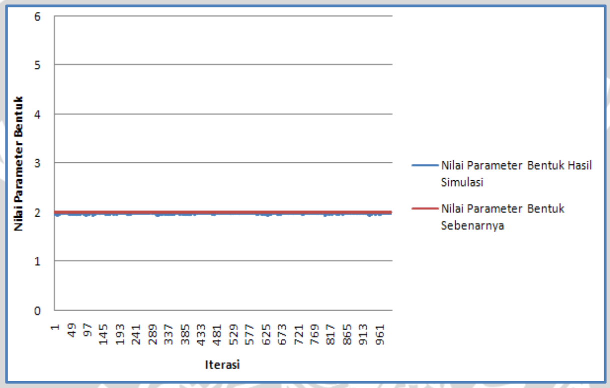
Gambar 4.5. Hasil simulasi pendugaan parameter α distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 3.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF



(A)



(B)



(C)

Gambar 4.6. Hasil simulasi pendugaan parameter β distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 3.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF

Berdasarkan hasil pendugaan parameter distribusi Weibull dengan 3 metode pendekatan untuk spesifikasi data penelitian 3, dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR, karena memiliki nilai MSE_α minimum, MSE_β minimum, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam (nilai S_α^2 dan S_β^2 rendah).

4.2.4. Simulasi Pendugaan Parameter α dan β distribusi Weibull Pada Spesifikasi Data Penelitian 4

Untuk spesifikasi data penelitian 4, persamaan distribusi Weibull menggunakan parameter α = 100 dan β = 3, dengan fungsi kepekatan peluang sebagai berikut :

$$f(t) = 0{,}03\left[\frac{t}{100}\right]^2 exp\left(-\left[\frac{t}{100}\right]^3\right)$$

Hasil simulasi pendugaan parameter distribusi Weibull dengan metode pendekatan PLDF, diperoleh MSE_α = 57,3369 dan $MSE_\beta =$ 1,3332. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 13. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 89,1% hasil simulasi telah sesuai dan 10,9% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.7 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α cukup beragam dengan keragaman (S^2_α) sebesar 29,6139, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.8 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β amat beragam dengan keragaman (S^2_β) sebesar 0,6419, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

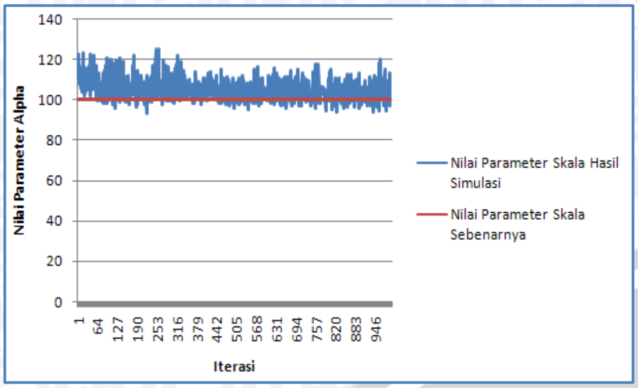
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode PLDF menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 3.

Dengan menggunakan metode pendekatan AIFR, diperoleh $MSE_\alpha = 31{,}0542$ dan $MSE_\beta = 1{,}0248$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 14. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 92,9% hasil simulasi telah sesuai dan 7,1% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.7 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α cukup beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 23,5001, bersifat *over-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.8 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β cukup beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,5030, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

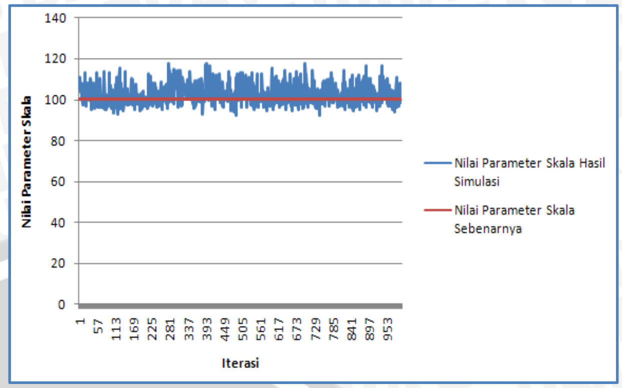
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode AIFR menghasilkan penduga p arameter yang cukup baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 3.

Dengan menggunakan metode pendekatan SUDF, diperoleh MSE_{α} = 1,2227 dan MSE_{β} = 0,0012. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 15. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100 % hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 100 % hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.7 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α tidak beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 0,1423, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.8 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β juga tidak beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,0002, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

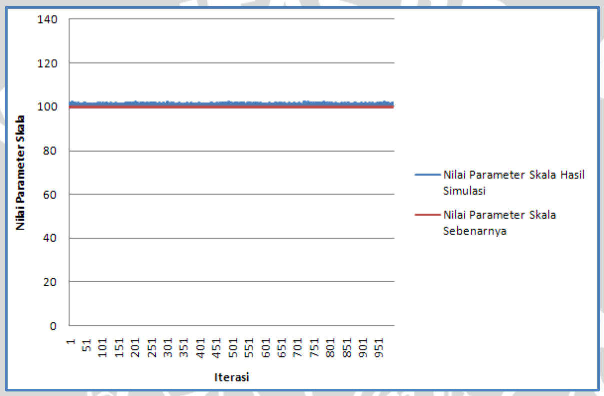
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode SUDF menghasilkan penduga parameter yang baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 3.



(A)

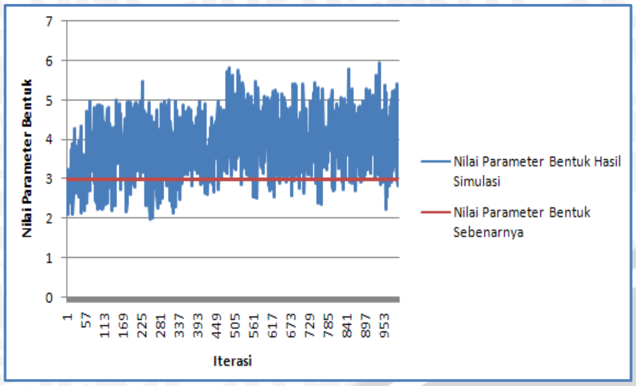


(B)

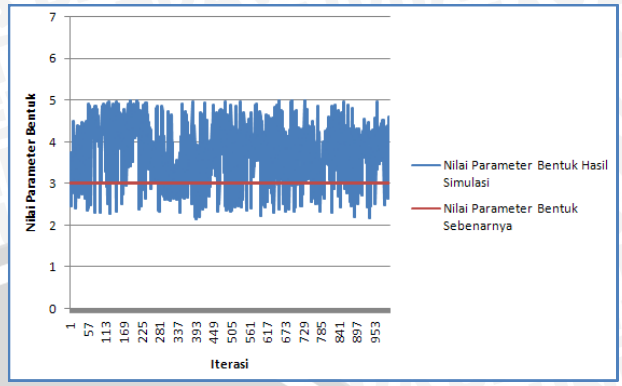


(C)

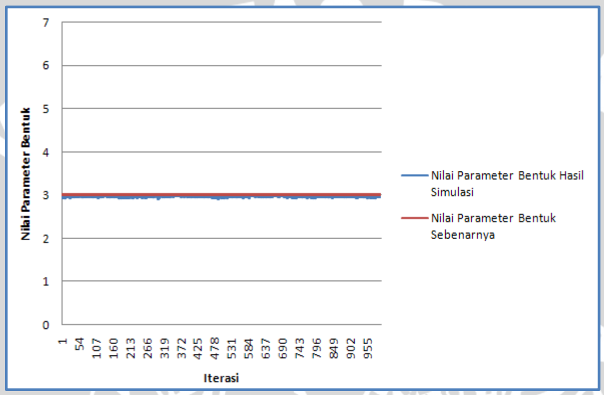
Gambar 4.7. Hasil simulasi pendugaan parameter α distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 4.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF



(A)



(B)



(C)

Gambar 4.8. Hasil simulasi pendugaan parameter β distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 4.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF

Berdasarkan hasil pendugaan parameter distribusi Weibull dengan 3 metode pendekatan untuk spesifikasi data penelitian 4, dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR, karena memiliki nilai MSE_α minimum, MSE_β minimum, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam (nilai S_α^2 dan S_β^2 rendah).

4.2.5. Simulasi Pendugaan Parameter α dan β distribusi Weibull Pada Spesifikasi Data Penelitian 5

Untuk spesifikasi data penelitian 5, persamaan distribusi Weibull menggunakan parameter α = 100 dan β = 4, dengan fungsi kepekatan peluang sebagai berikut :

$$f(t) = 0{,}04\left[\frac{t}{100}\right]^3 exp\left(-\left[\frac{t}{100}\right]^4\right)$$

Hasil simulasi pendugaan parameter distribusi Weibull dengan metode pendekatan PLDF, diperoleh MSE_α = 989,3010 dan MSE_β = 2,8243. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 16. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 94,5% hasil simulasi telah sesuai dan 5,5% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 51% hasil simulasi telah sesuai dan 49% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.9 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α amat beragam dengan keragaman (S_α^2) sebesar 239,2653, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.10 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β cukup beragam dengan keragaman (S_β^2) sebesar 0,4032, bersifat *under-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode PLDF menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 4.

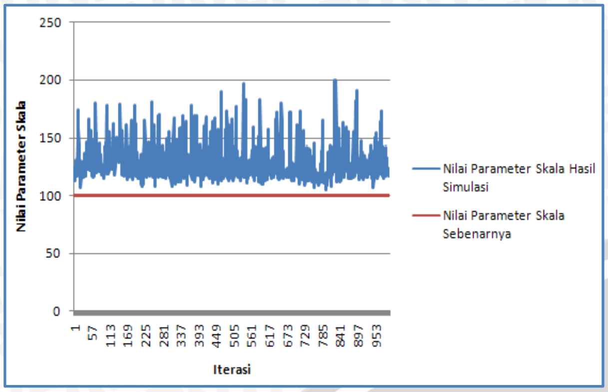
Dengan menggunakan metode pendekatan AIFR, diperoleh $MSE_\alpha = 249{,}6445$ dan $MSE_\beta = 1{,}3592$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 17. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 99,4% hasil simulasi telah sesuai dan 0,6% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 84,8% hasil simulasi telah sesuai dan 15,2% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.9 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α

cukup beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 126,5449, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.10 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β amat beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 1,2731, bersifat *under-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

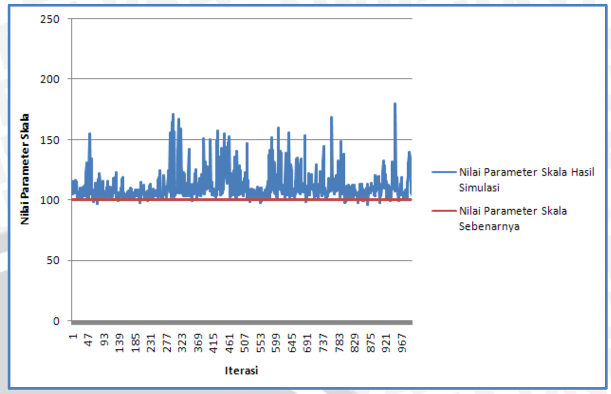
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode AIFR menghasilkan penduga parameter yang cukup baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 4.

Dengan menggunakan metode pendekatan SUDF, diperoleh $MSE_{\alpha} = 0{,}4389$ dan $MSE_{\beta} = 0{,}0015$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 18. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.9 (C) dapat dilihat bahwa, parameter α tidak beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 0,0400, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.10 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β juga tidak beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,0002, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

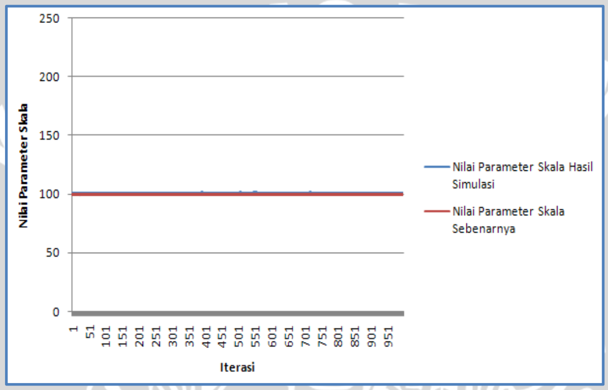
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode SUDF menghasilkan penduga parameter yang baik pada kondisi parameter α = 100 dan β = 4.



(A)

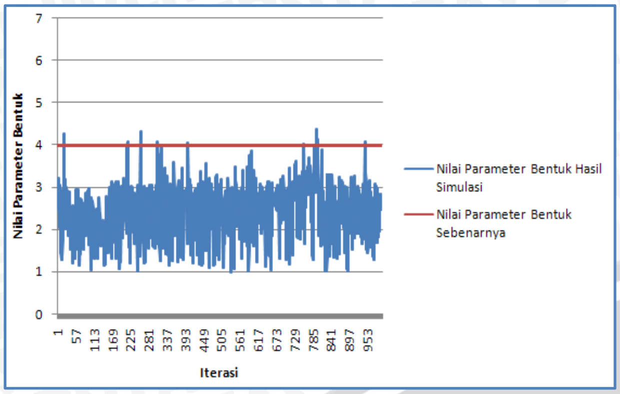


(B)

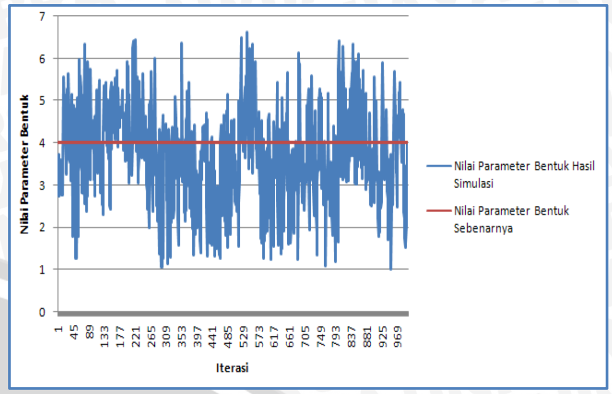


(C)

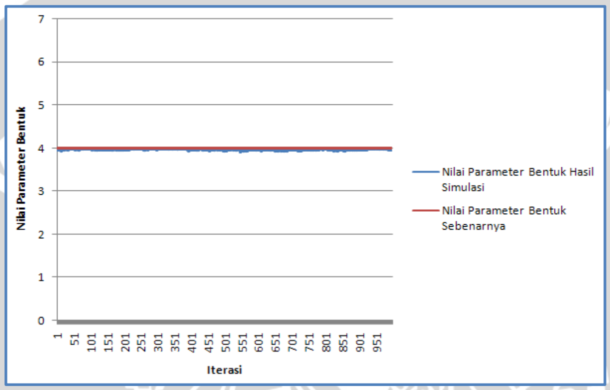
Gambar 4.9. Hasil simulasi pendugaan parameter α distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 5.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF



(A)



(B)



(C)

Gambar 4.10. Hasil simulasi pendugaan parameter β distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 5.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF

Berdasarkan hasil pendugaan parameter distribusi Weibull dengan 3 metode pendekatan untuk spesifikasi data penelitian 5, dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR, karena memiliki nilai MSE$_\alpha$ minimum, MSE$_\beta$ minimum, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam (nilai S_α^2 dan S_β^2 rendah).

4.2.6. Simulasi Pendugaan Parameter α dan β distribusi Weibull Pada Spesifikasi Data Penelitian 6

Untuk spesifikasi data penelitian 6, persamaan distribusi Weibull menggunakan parameter α = 1000 dan β = 0,9, dengan fungsi kepekatan peluang sebagai berikut :

$$f(t) = 0{,}0009\left[\frac{t}{1000}\right]^{-0.1} exp\left(-\left[\frac{t}{1000}\right]^{0,9}\right)$$

Hasil simulasi pendugaan parameter distribusi Weibull dengan metode pendekatan PLDF, diperoleh $MSE_{\alpha} = 59.386{,}2460$ dan $MSE_{\beta} = 0{,}1226$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 19. Berdasarkan uji *Bain's* hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 87,5% hasil simulasi telah sesuai dan 12,5% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 87,1% hasil simulasi telah sesuai dan 12,9% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.11 (A) dapat dilihat bahwa hasil simulasi parameter α cukup beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 53.226,9269, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.12 (A) dapat dilihat bahwa hasil simulasi parameter β cukup beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,0919, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode PLDF menghasilkan penduga parameter yang cukup baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 0,9.

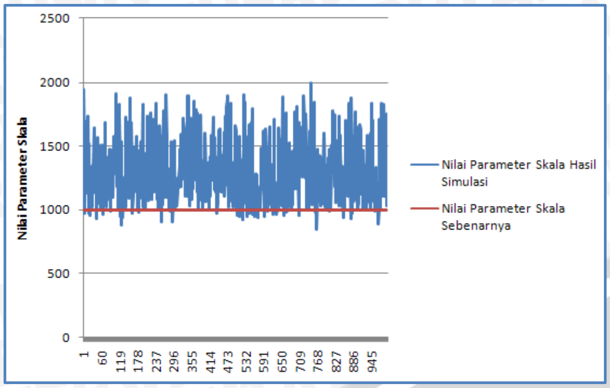
Dengan menggunakan metode pendekatan AIFR, diperoleh $MSE_{\alpha} = 138.625{,}0507$ dan $MSE_{\beta} = 0{,}1752$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 20. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 96,2% hasil simulasi telah sesuai dan 3,8% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 75,8% hasil simulasi telah sesuai dan 24,2% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.11 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α

amat beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 59.034,1400, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.12 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β amat beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,1726, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

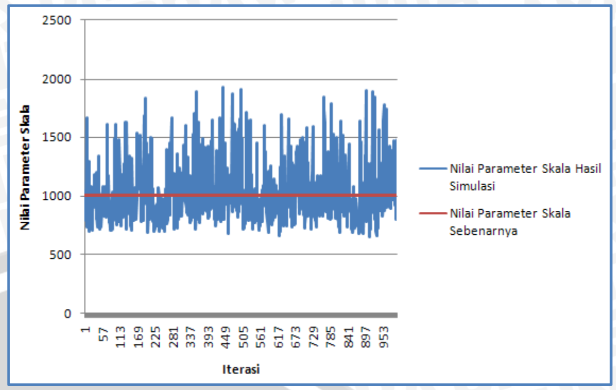
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode AIFR menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 0,9.

Dengan menggunakan metode pendekatan SUDF, diperoleh MSE_{α} = 80,2322 dan $MSE_{\beta} = 4{,}1706x10^{-6}$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 21. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.11 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α tidak beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 80,1648, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.12 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β juga tidak beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar $4{,}0516x10^{-6,}$ bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

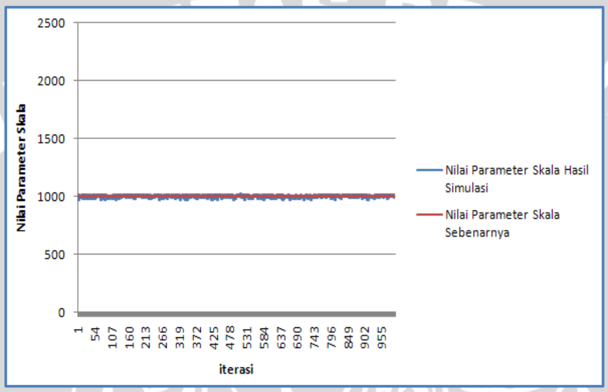
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode SUDF menghasilkan penduga parameter yang baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 0,9.



(A)

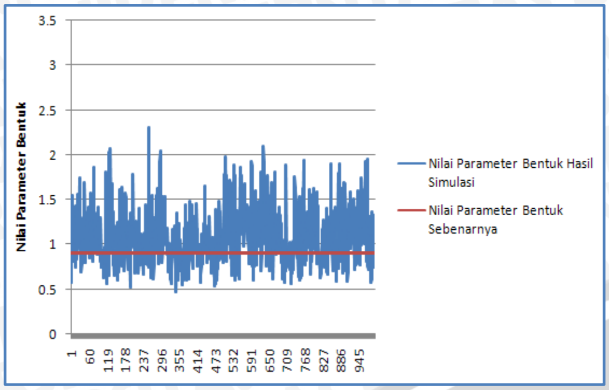


(B)

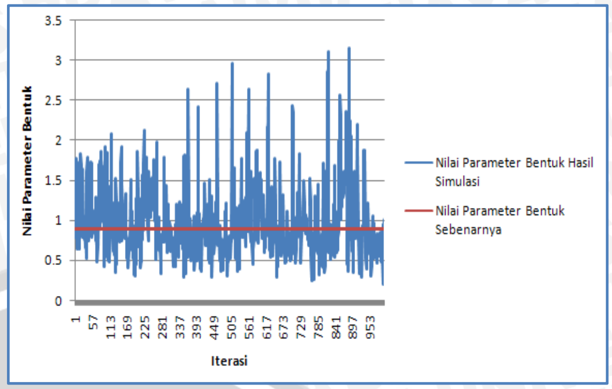


(C)

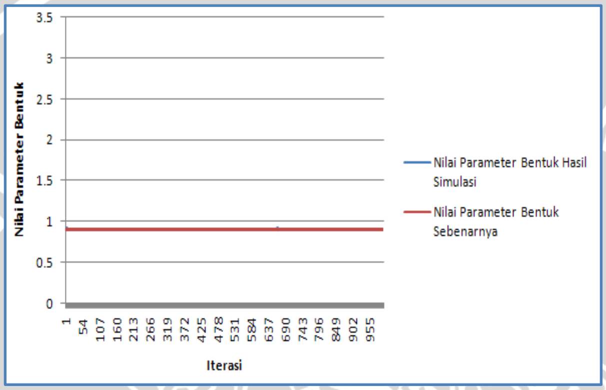
Gambar 4.11. Hasil simulasi pendugaan parameter α distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 6.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF



(A)



(B)



(C)

Gambar 4.12. Hasil simulasi pendugaan parameter β distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 6.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF

Berdasarkan hasil pendugaan parameter distribusi Weibull dengan 3 metode pendekatan untuk spesifikasi data penelitian 6, dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR, karena memiliki nilai MSE_α minimum, MSE_β minimum, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam (nilai S_α^2 dan S_β^2 rendah).

4.2.7. Simulasi Pendugaan Parameter α dan β distribusi Weibull Pada Spesifikasi Data Penelitian 7

Untuk spesifikasi data penelitian 7, persamaan distribusi Weibull menggunakan parameter α = 1000 dan β = 1, dengan fungsi kepekatan peluang sebagai berikut :

$$f(t) = 0{,}001\left[\frac{t}{1000}\right]^{0} exp\left(-\left[\frac{t}{1000}\right]^{1}\right)$$

Hasil simulasi pendugaan parameter Distribusi Weibull dengan metode pendekatan PLDF, diperoleh MSE_{α} = 64.680,0389 dan MSE_{β} = 0,1037. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 22. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 78,3% hasil simulasi telah sesuai dan 21,7% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 81,2% hasil simulasi telah sesuai dan 18,8% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.13 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α cukup beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 57.191,0937, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.14 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β cukup beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,1029, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode PLDF menghasilkan penduga parameter yang cukup baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 1.

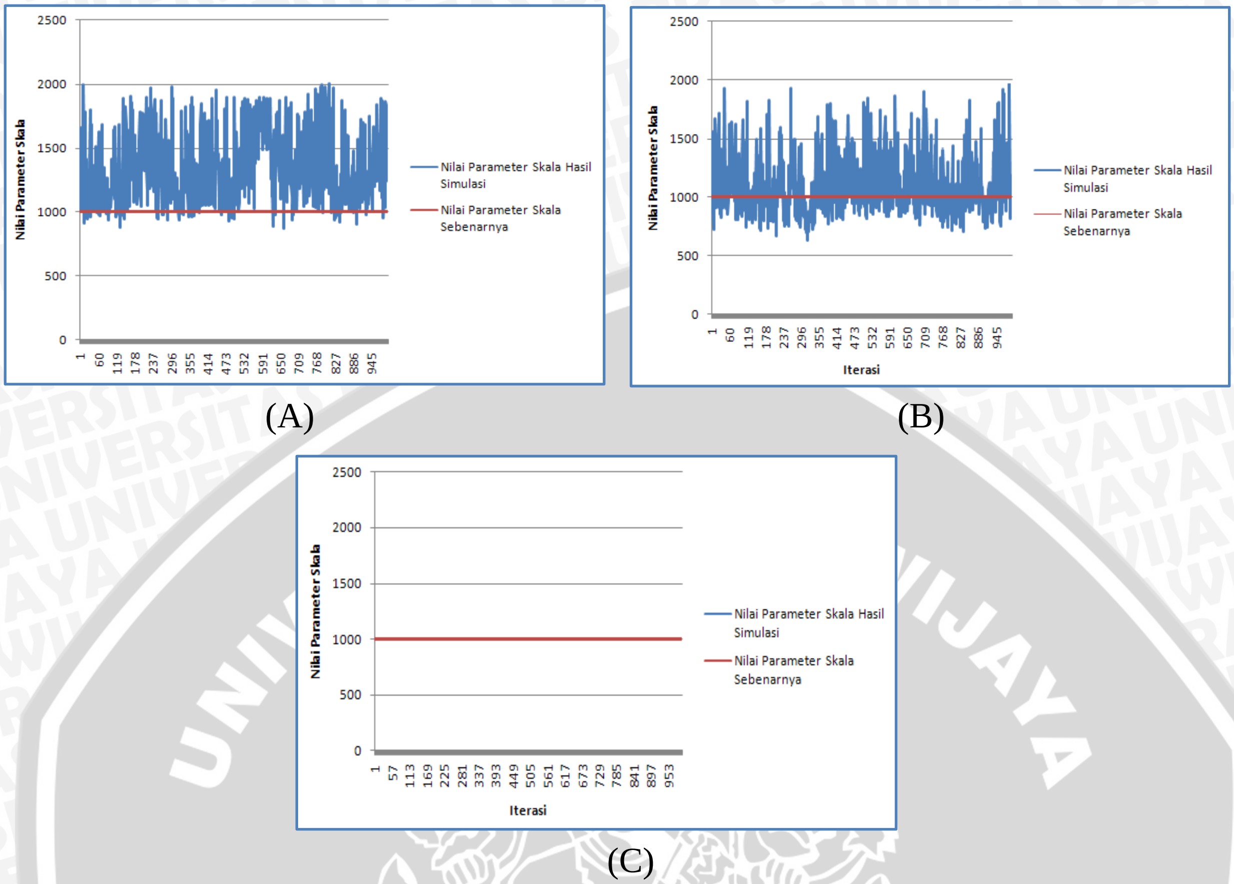
Dengan menggunakan metode pendekatan AIFR, diperoleh $MSE_{\alpha} = 195.924{,}4149$ dan $MSE_{\beta} = 0{,}2367$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 23. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 95,6% hasil simulasi telah sesuai dan 4,4% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 81% hasil simulasi telah sesuai dan 19% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada

Gambar 4.13 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α amat beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 72.272,5751, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.14 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β juga amat beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,1926, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

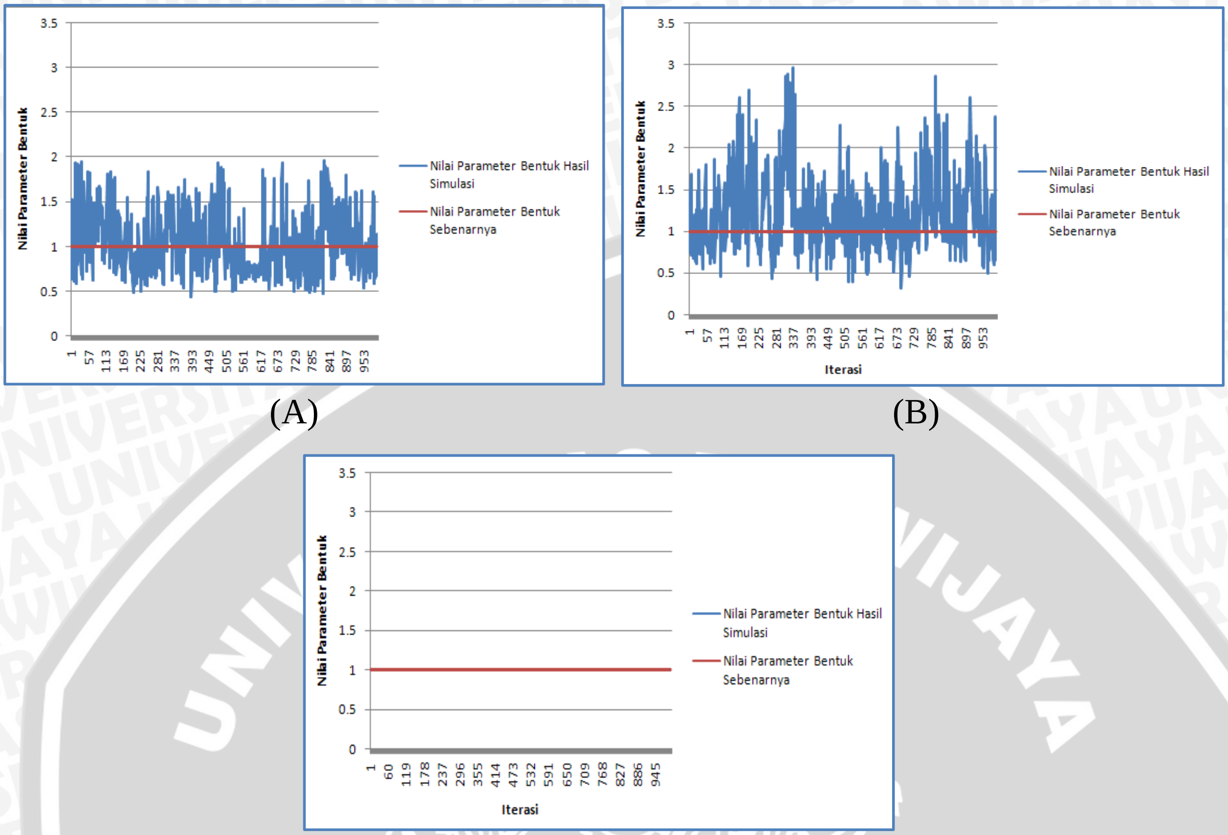
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode AIFR menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 1.

Dengan menggunakan metode pendekatan SUDF, diperoleh MSE_{α} = 2,6971 dan MSE_{β} = 2,0600x10^{-7}. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 24. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.13 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α tidak beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 2,6668, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.14 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi untuk parameter β juga tidak beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 1,9880x10^{-}7, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode SUDF menghasilkan penduga parameter yang baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 1.



Gambar 4.13. Hasil simulasi pendugaan parameter α distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 7.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF



(A) (B)

(C)

Gambar 4.14. Hasil simulasi pendugaan parameter β distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 7.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF

Berdasarkan hasil pendugaan parameter distribusi Weibull dengan 3 metode pendekatan untuk spesifikasi data penelitian 7, dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR, karena memiliki nilai MSE_{α} minimum, MSE_{β} minimum, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam (nilai S_{α}^{2} dan S_{β}^{2} rendah).

4.2.8. Simulasi Pendugaan Parameter α dan β distribusi Weibull Pada Spesifikasi Data Penelitian 8

Untuk spesifikasi data penelitian 8, persamaan Distribusi Weibull menggunakan parameter α = 1000 dan β = 2, dengan fungsi kepekatan peluang sebagai berikut :

$$f(t) = 0{,}002\left[\frac{t}{1000}\right]^{1} exp\left(-\left[\frac{t}{1000}\right]^{2}\right)$$

Hasil simulasi pendugaan parameter distribusi Weibull dengan metode pendekatan PLDF, diperoleh $MSE_{\alpha} = 8.119{,}5862$ dan $MSE_{\beta} =$ 3,7859. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 25. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 25,7% hasil simulasi telah sesuai dan 74,3% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.15 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α amat beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 9.280,0378, bersifat *under-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.16 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β amat beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,9099, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

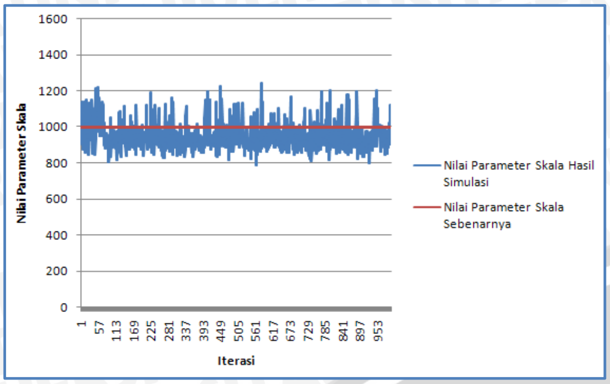
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode PLDF menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 2.

Dengan menggunakan metode pendekatan AIFR, diperoleh $MSE_{\alpha} =$ 9276,3175 dan $MSE_{\beta} =$ 1,4340. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 26. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 57,3% hasil simulasi telah sesuai dan 42,7% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.15 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α cukup beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 5562,1873, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.16 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β cukup beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,8433, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

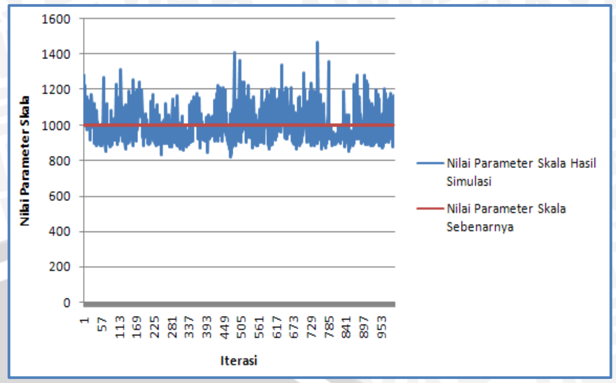
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode AIFR menghasilkan penduga parameter yang cukup baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 2.

Dengan menggunakan metode pendekatan SUDF, diperoleh $MSE_{\alpha} = 341{,}5654$ dan $MSE_{\beta} = 0{,}0007$. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 27. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.15 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α tidak beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 65,4939, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.16 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β juga tidak beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,0001, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

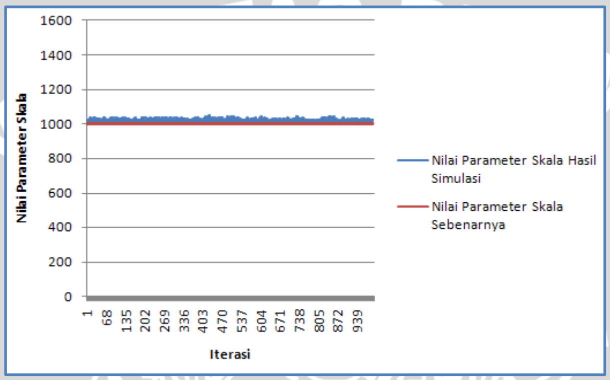
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode SUDF menghasilkan penduga parameter yang baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 2.



(A)

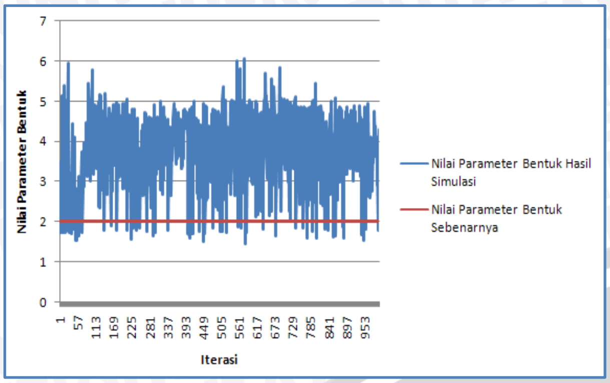


(B)

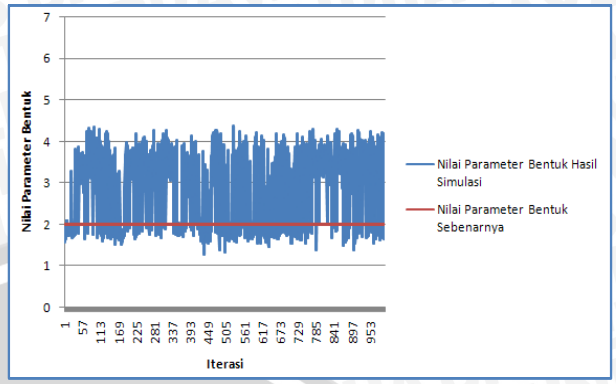


(C)

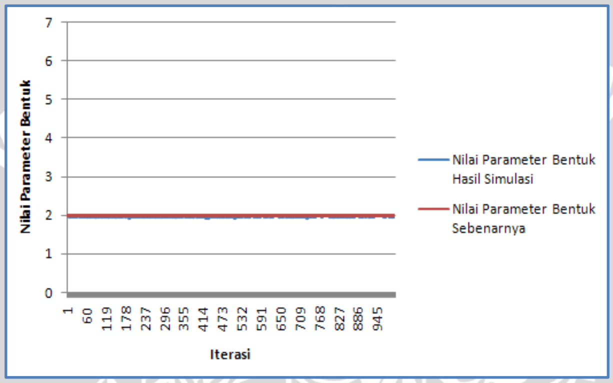
Gambar 4.15. Hasil simulasi pendugaan parameter α distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 8.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF



(A)



(B)



(C)

Gambar 4.16. Hasil simulasi pendugaan parameter β distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 8.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF

Berdasarkan hasil pendugaan parameter distribusi Weibull dengan 3 metode pendekatan untuk spesifikasi data penelitian 8, dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR, karena memiliki nilai MSE_α minimum, MSE_β minimum, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam (nilai S_α^2 dan S_β^2 rendah).

4.2.9. Simulasi Pendugaan Parameter α dan β distribusi Weibull Pada Spesifikasi Data Penelitian 9

Untuk spesifikasi data penelitian 9, persamaan distribusi Weibull menggunakan parameter α = 1000 dan β = 3, dengan fungsi kepekatan peluang sebagai berikut :

$$f(t) = 0{,}003\left[\frac{t}{1000}\right]^2 exp\left(-\left[\frac{t}{1000}\right]^3\right)$$

Hasil simulasi pendugaan parameter distribusi Weibull dengan metode pendekatan PLDF, diperoleh $MSE_\alpha = 5.639{,}3623$ dan $MSE_\beta =$ 2,2399. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 28. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 70,2% hasil simulasi telah sesuai dan 29,8% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.25 (A) dan (B) dapat dilihat bahwa, parameter α amat beragam dengan keragaman (S^2_α) sebesar 3.775,5651, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya, sedangkan untuk hasil simulasi parameter β cukup beragam dengan keragaman (S^2_β) sebesar 1,0577, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

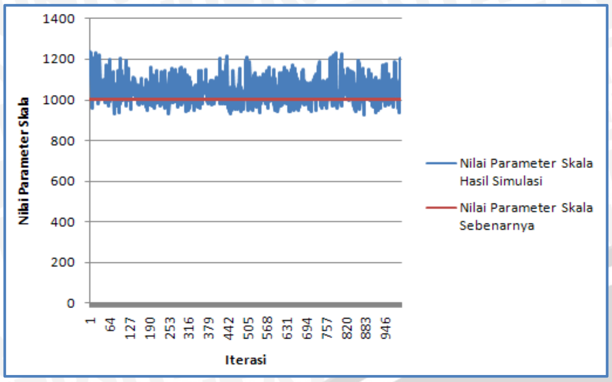
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode PLDF menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 3.

Dengan menggunakan metode pendekatan AIFR, diperoleh $MSE_\alpha =$ 3.379,4362 dan $MSE_\beta =$ 2,8073. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 29. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 62,2% hasil simulasi telah sesuai dan 37,8% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.26 (A) dan (B) dapat dilihat bahwa, parameter α cukup beragam dengan keragaman (S^2_α) sebesar 3.312,8455, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya, sedangkan untuk hasil simulasi parameter β amat beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 1,2085, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

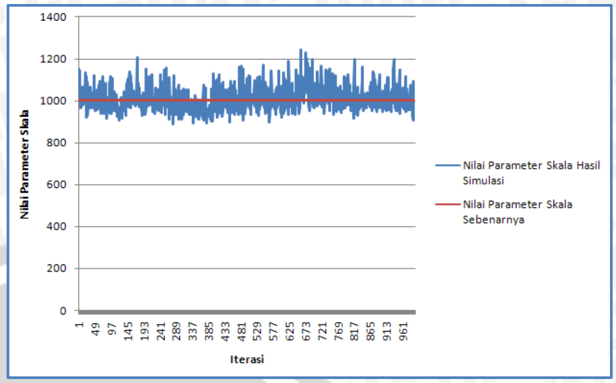
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode AIFR menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter $\alpha = 1000$ dan $\beta = 3$.

Dengan menggunakan metode pendekatan SUDF, diperoleh $MSE_{\alpha} =$ 119,8197 dan $MSE_{\beta} =$ 0,0012. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 30. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.27 (A) dan (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α tidak beragam dengan keragaman (S_{α}^{2}) sebesar 13,9097, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya, sedangkan untuk hasil simulasi parameter β juga tidak beragam dengan keragaman (S_{β}^{2}) sebesar 0,0001, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

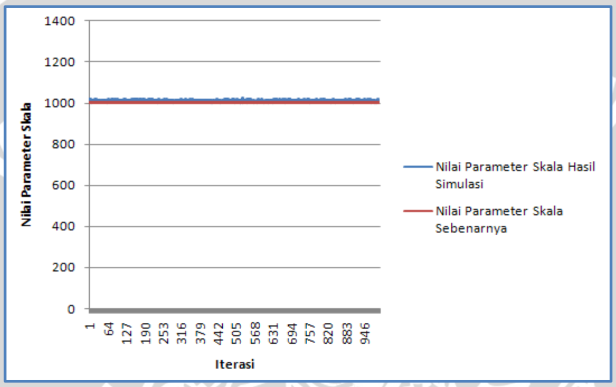
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode SUDF menghasilkan penduga parameter yang baik pada kondisi parameter $\alpha =$ 1000 dan $\beta = 3$.



(A)

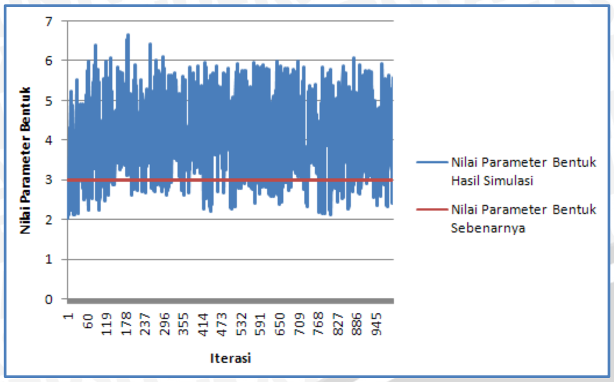


(B)

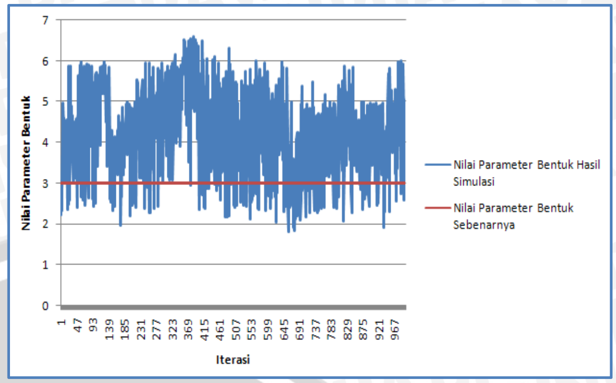


(C)

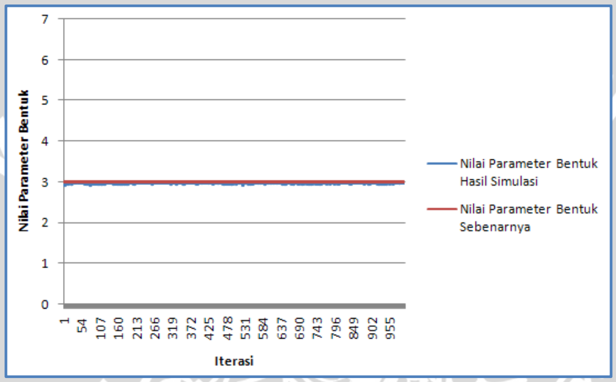
Gambar 4.17. Hasil simulasi pendugaan parameter α distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 9.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF



(A)



(B)



(C)

Gambar 4.18. Hasil simulasi pendugaan parameter β distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 9.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF

Berdasarkan hasil pendugaan parameter distribusi Weibull dengan 3 metode pendekatan untuk spesifikasi data penelitian 9, dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR, karena memiliki nilai MSE_α minimum, MSE_β minimum, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam (nilai S_α^2 dan S_β^2 rendah).

4.2.10. Simulasi Pendugaan Parameter α dan β distribusi Weibull Pada Spesifikasi Data Penelitian 10

Untuk spesifikasi data penelitian 10, persamaan distribusi Weibull menggunakan parameter α = 1000 dan β = 4, dengan fungsi kepekatan peluang sebagai berikut :

$$f(t) = 0{,}004\left[\frac{t}{1000}\right]^3 exp\left(-\left[\frac{t}{1000}\right]^4\right)$$

Hasil simulasi pendugaan parameter Distribusi Weibull dengan metode pendekatan PLDF, diperoleh $MSE_\alpha =$ 90.959,0524 dan $MSE_\beta =$ 2,6063. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 31. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 94,7% hasil simulasi telah sesuai dan 5,3% tidak sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 46,5% hasil simulasi telah sesuai dan 53,5% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.19 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α amat beragam dengan keragaman (S_α^2) sebesar 22.941,4189, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.20 (A) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β juga amat beragam dengan keragaman (S_β^2) sebesar 0,3969, bersifat *under-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

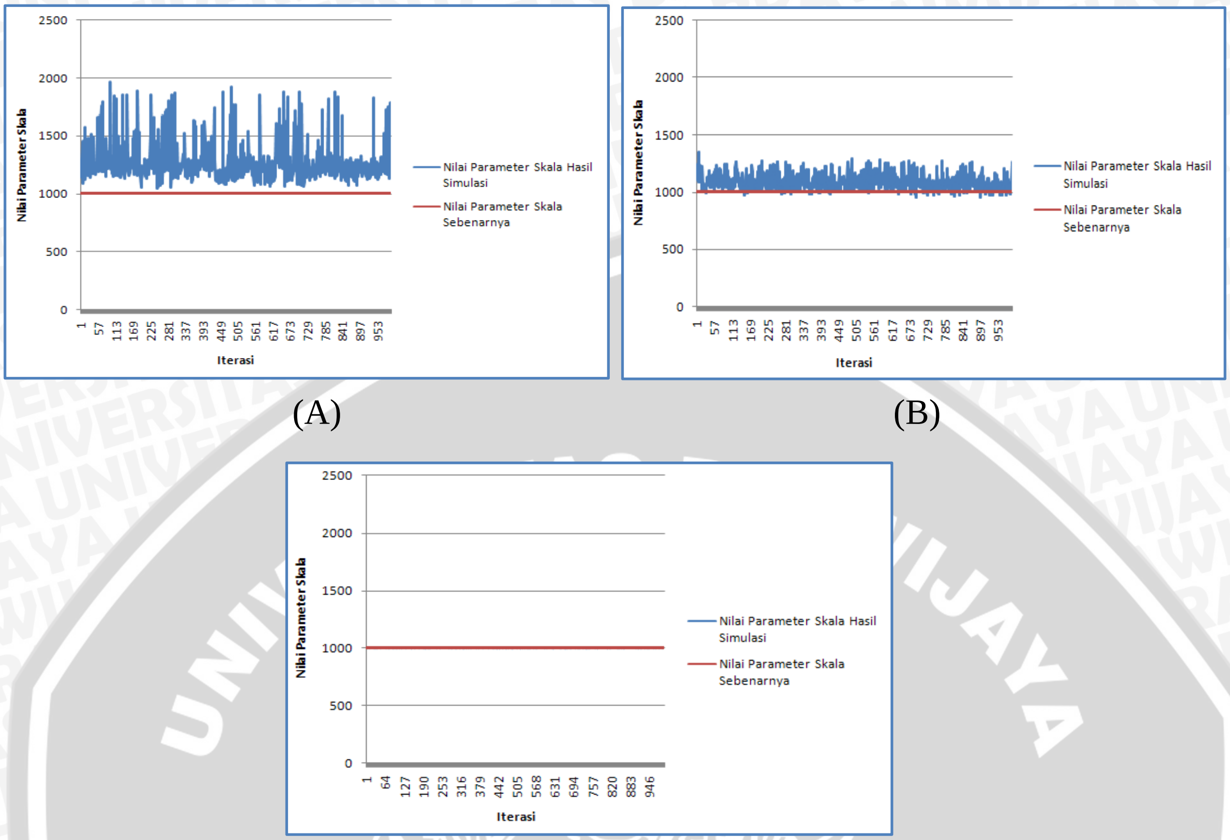
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode PLDF menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 4.

Dengan menggunakan metode pendekatan AIFR, diperoleh $MSE_\alpha =$ 12.340,2791 dan $MSE_\beta =$ 1,1976. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 32. Berdasarkan uji *Bain's* pada hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 88,7% hasil simulasi telah sesuai dan 11,3% tidak sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.19 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α cukup beragam dengan keragaman (S_α^2) sebesar 4.470,5774, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.20 (B) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β amat beragam dengan keragaman (S_β^2) sebesar 1,1798, bersifat *over-estimate* serta tidak berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode AIFR menghasilkan penduga parameter yang tidak baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 4.

Dengan menggunakan metode pendekatan SUDF, diperoleh $MSE_\alpha =$ 36,8603 dan $MSE_\beta =$ 0,0009. Untuk hasil pendugaan parameter dapat dilihat pada Lampiran 33. Berdasarkan uji *Bain's* hasil simulasi didapatkan bahwa untuk parameter α, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter α yang ditetapkan. Sedangkan untuk parameter β, 100% hasil simulasi telah sesuai dengan nilai parameter β yang ditetapkan. Pada Gambar 4.19 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter α tidak beragam dengan keragaman (S_α^2) sebesar 3,6379, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya. Pada Gambar 4.20 (C) dapat dilihat bahwa, hasil simulasi parameter β juga tidak beragam dengan keragaman (S_β^2) sebesar $9{,}2902 \times 10^{-5}$, bersifat *exact-estimate* serta berfluktuasi di sekitar nilai parameter sebenarnya.

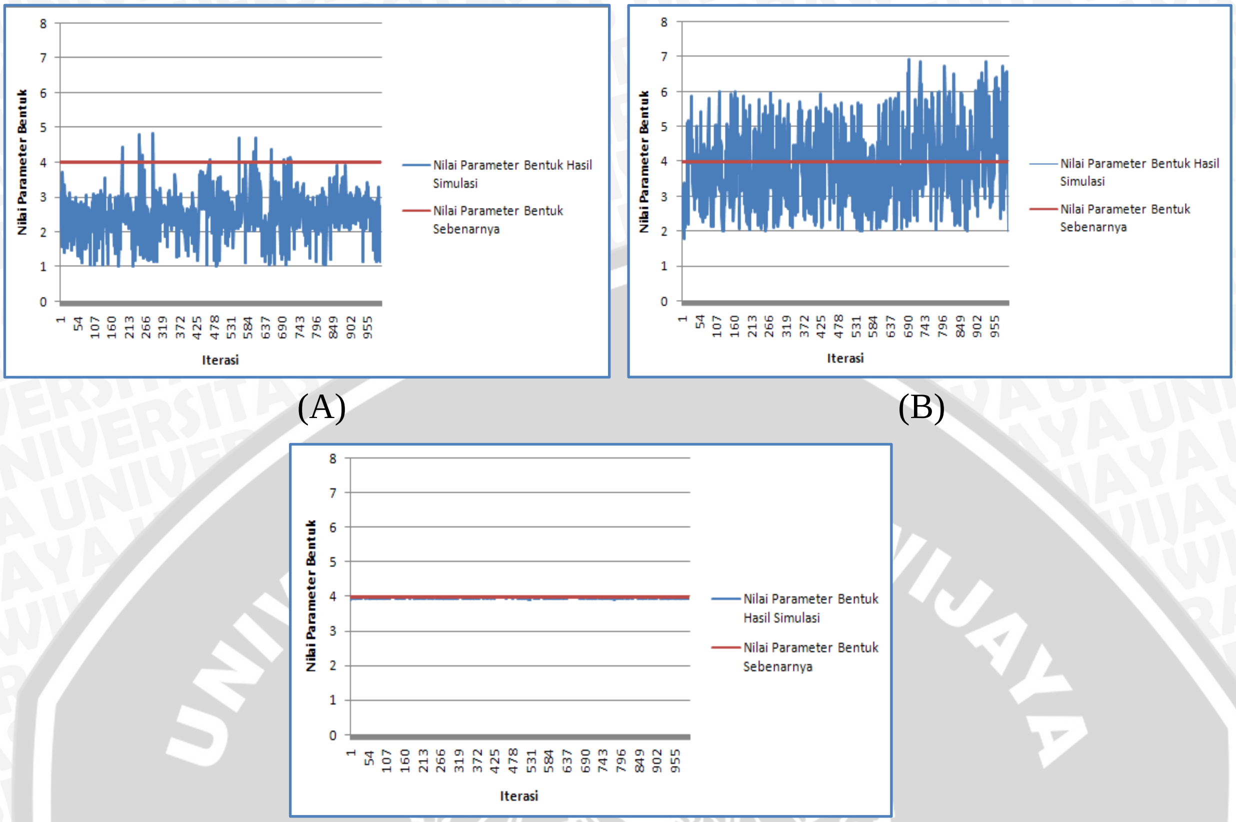
Dari hasil di atas dapat dikatakan bahwa pendugaan parameter α dan β dari distribusi Weibull dengan menggunakan metode SUDF menghasilkan penduga parameter yang baik pada kondisi parameter α = 1000 dan β = 4.



(A) (B)

(C)

Gambar 4.19. Hasil simulasi pendugaan parameter α distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 10.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF



(A) (B)

(C)

Gambar 4.20. Hasil simulasi pendugaan parameter β distribusi Weibull pada spesifikasi data penelitian 10.
(A) Metode PLDF. (B) Metode AIFR. (C) Metode SUDF

Berdasarkan hasil pendugaan parameter distribusi Weibull dengan 3 metode pendekatan untuk spesifikasi data penelitian 10, dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR, karena memiliki nilai MSE_{α} minimum, MSE_{β} minimum, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam (nilai S_{α}^{2} dan S_{β}^{2} rendah).

4.3. Pemilihan Metode Terbaik

4.3.1. Perbandingan Nilai MSE

Pada setiap spesifikasi parameter distribusi Weibull yang disimulasikan, metode SUDF menghasilkan nilai MSE_{α} dan MSE_{β} yang lebih rendah dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR. Hal ini menunjukkan metode SUDF merupakan metode pendekatan yang efisien dan memberikan kesalahan yang paling kecil dalam menduga parameter distribusi Weibull dibandingkan dengan 2 metode lain. Untuk hasil rekapitulasi nilai MSE_{α} dan MSE_{β} selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

4.3.2. Perbandingan Persentase Hasil Uji *Bain's*

Pada setiap spesifikasi parameter distribusi Weibull yang disimulasikan, metode SUDF menghasilkan persentase kesesuaian parameter α yang lebih tinggi dan persentase parameter β kesesuaian yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR. Metode SUDF juga menghasilkan persentase parameter α ketidaksesuaian yang lebih rendah dan persentase parameter β ketidaksesuaian yang lebih rendah dibandingkan dengan metode dua metode lain.

Dari hal di atas dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode yang paling stabil dalam menduga parameter distribusi Weibull. Rekapitulasi persentase hasil uji *Bain's* selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

4.3.3. Perbandingan S_{α}^{2} dan S_{β}^{2}

Pada setiap spesifikasi parameter distribusi Weibull yang disimulasikan, metode SUDF menghasilkan S_{α}^{2} (keragaman hasil simulasi parameter α) dan S_{β}^{2} (keragaman hasil simulasi parameter β) yang lebih rendah dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR.

Dari hal di atas dapat dikatakan bahwa hasil simulasi pendugaan parameter distribusi Weibull dengan menggunakan metode pendekatan SUDF relatif tidak beragam atau homogen. Rekapitulasi nilai S_{α}^{2} dan S_{β}^{2} selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.1. Nilai MSE_α dan MSE_β hasil simulasi dengan metode PLDF, AIFR dan SUDF pada 10 Spesifikasi Data Penelitian

Spesifikasi Data Penelitian	**Parameter**		**Metode Pendekatan**	**MSE α**	**MSE β**
	α	β			
1	100	0,9	PLDF	861,4632	0,0919
			AIFR	988,4772	0,1103
			SUDF	0,9154	$6{,}2084\times10^{-6}$
2	100	1	PLDF	825,1719	0,0701
			AIFR	854,9057	0,1107
			SUDF	0,0283	$2{,}5680\times10^{-7}$
3	100	2	PLDF	80,6663	0,6856
			AIFR	52,5817	1,8776
			SUDF	3,0468	0,0006
4	100	3	PLDF	57,3369	1,3332
			AIFR	31,0542	1,0248
			SUDF	1,2227	0,0012
5	100	4	PLDF	989,3010	2,8243
			AIFR	249,6445	1,3592
			SUDF	0,4389	0,0015
6	1000	0,9	PLDF	59.386,2460	0,1226
			AIFR	138.625,0507	0,1752
			SUDF	80,2322	$4{,}1706\times10^{-6}$
7	1000	1	PLDF	64.680,0389	0,1037
			AIFR	195.924,4149	0,2368
			SUDF	2,6971	$2{,}0600\times10^{-7}$
8	1000	2	PLDF	8.119,5862	3,7859
			AIFR	9.276,3175	1,4340
			SUDF	341,5654	0,0007
9	1000	3	PLDF	5.639,3623	2,2399
			AIFR	3.379,4362	2,8073
			SUDF	119,8197	0,0012
10	1000	4	PLDF	90.959,0524	2,6063
			AIFR	12.340,2791	1,1976
			SUDF	36,8603	0,0009

Tabel 4.2. Persentase hasil Uji *Bain's* pada hasil simulasi dengan metode PLDF, AIFR dan SUDF untuk 10 Spesifikasi Data Penelitian

Spesifikasi Data Penelitian	Parameter		Metode Pendekatan	Persentase α (%)		Persentase β (%)	
	α	β		sesuai	tidak sesuai	sesuai	tidak sesuai
1	100	0,9	PLDF	93,4	6,6	91,4	8,6
			AIFR	91,3	8,7	74	26
			SUDF	100	0	100	0
2	100	1	PLDF	95,4	4,6	95,2	4,8
			AIFR	92	8	88,3	11,7
			SUDF	100	0	100	0
3	100	2	PLDF	100	0	83,8	16,2
			AIFR	100	0	60,8	39,2
			SUDF	100	0	100	0
4	100	3	PLDF	100	0	89,1	10,9
			AIFR	100	0	92,9	7,1
			SUDF	100	0	100	0
5	100	4	PLDF	94,5	5,5	51	49
			AIFR	99,4	0,6	84,8	15,2
			SUDF	100	0	100	0
6	1000	0,9	PLDF	87,5	12,5	87,1	12,9
			AIFR	96,2	3,8	75,8	24,2
			SUDF	100	0	100	0
7	1000	1	PLDF	78,3	21,7	81,2	18,8
			AIFR	95,6	4,4	81	19
			SUDF	100	0	100	0
8	1000	2	PLDF	100	0	25,7	74,3
			AIFR	96,2	3,8	57,3	42,7
			SUDF	100	0	100	0
9	1000	3	PLDF	100	0	70,2	29,8
			AIFR	100	0	62,2	37,8
			SUDF	100	0	100	0
10	1000	4	PLDF	94,7	5,3	46,5	53,5
			AIFR	100	0	88,7	11,3
			SUDF	100	0	100	0

Tabel 4.3. Nilai S_α^2 dan S_β^2 hasil simulasi dengan metode PLDF, AIFR dan SUDF pada 10 Spesifikasi Data Penelitian

Spesifikasi Data Penelitian	Parameter		Metode Pendekatan	S_α^2	S_β^2
	α	β			
1	100	0,9	PLDF	358,2890	0,0610
			AIFR	721,7270	0,0831
			SUDF	0,9150	$6{,}2084 \times 10^{-6}$
2	100	1	PLDF	310,5528	0,0549
			AIFR	659,5392	0,1077
			SUDF	0,0275	$2{,}4184 \times 10^{-7}$
3	100	2	PLDF	79,4099	1,0600
			AIFR	49,6181	0,3273
			SUDF	0,6326	0,0001
4	100	3	PLDF	29,6139	0,6419
			AIFR	23,5001	0,5030
			SUDF	0,1423	0,0002
5	100	4	PLDF	239,2653	0,4032
			AIFR	126,5449	1,2731
			SUDF	0,0400	0,0002
6	1000	0,9	PLDF	53.226,9269	0,0919
			AIFR	59.034,1400	0,1726
			SUDF	80,1648	$4{,}0516 \times 10^{-6}$
7	1000	1	PLDF	57.191,0937	0,1029
			AIFR	72.272,5751	0,1926
			SUDF	2,6668	$1{,}9880 \times 10^{-7}$
8	1000	2	PLDF	9.280,0378	0,9099
			AIFR	5.562,1873	0,8433
			SUDF	65,4939	0,0001
9	1000	3	PLDF	3.775,5651	1,0577
			AIFR	3.312,8455	1,2085
			SUDF	13,9097	0,0001
10	1000	4	PLDF	22.941,4189	0,3969
			AIFR	4.470,5774	1,1798
			SUDF	3,6379	$9{,}2902 \times 10^{-5}$

Berdasarkan seluruh hasil penelitian yang telah diperoleh, dapat dilihat bahwa secara umum metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR untuk menduga parameter α dan parameter β distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan komponen yang tidak tetap dengan waktu kerusakan komponen yang tidak diketahui.

4.4. Karakteristik Metode Pendekatan Pendugaan Parameter

Berdasarkan nilai MSE, persentase hasil uji *Bain's* dan keragaman parameter hasil simulasi yang telah diperoleh pada penelitian ini, terdapat karakteristik dari masing-masing metode pendugaan parameter yang digunakan, antara lain:

1. Metode PLDF dapat digunakan pada keadaan *Burn-In Period* di mana $0 < \beta < 1$ dan pada keadaan *Useful Life Period* di mana β=1, karena pada keadaan tersebut metode PLDF memiliki nilai MSE yang lebih rendah, persentase kesesuaian parameter skala dan parameter bentuk yang lebih tinggi, persentase ketidaksesuaian parameter skala dan parameter bentuk yang lebih rendah dan memiliki keragaman parameter hasil simulasi yang lebih rendah, jika dibandingkan dengan metode AIFR pada keadaan ini.
2. Metode AIFR dapat digunakan untuk keadaan *Wear-Out Period* atau *Burn-Out Period* di mana β >1, karena pada keadaan tersebut metode AIFR memiliki nilai MSE yang lebih rendah, persentase kesesuaian parameter skala dan parameter bentuk yang lebih tinggi, persentase ketidaksesuaian parameter skala dan parameter bentuk yang lebih rendah dan memiliki keragaman parameter hasil simulasi yang lebih rendah, jika dibandingkan dengan metode PLDF pada keadaan ini.
3. Metode SUDF dapat digunakan pada semua kondisi kerusakan baik pada keadaan *Burn-In Period*, *Useful Life Period* dan *Wear-Out Period*. Hal ini dikarenakan untuk semua keadaan tersebut, metode SUDF memiliki nilai MSE yang lebih rendah, persentase kesesuaian parameter skala dan parameter bentuk yang lebih tinggi (100%) dan memiliki keragaman parameter hasil simulasi yang lebih rendah, jika dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR pada keadaan ini.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan berikut:

1. Karakteristik metode pendekatan pendugaan parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap dengan waktu kerusakan tidak diketahui apabila ditinjau dari karakteristik distribusi Weibull untuk nilai parameter α = 100 dan 1000 serta parameter β = 0,9;1;2;3;4, yaitu:
   a. Metode PLDF dapat digunakan pada keadaan *Burn-In Period* dan keadaan *Useful Life Period*.
   b. Metode AIFR dapat digunakan pada keadaan *Wear-Out Period*.
   c. Metode SUDF dapat digunakan pada keadaan *Burn-In Period*, *Useful Life Period* dan *Wear-Out Period*.
2. Berdasarkan hasil nilai MSE_α dan MSE_β terkecil, persentase kesesuaian hasil simulasi tertinggi, persentase ketidaksesuaian hasil simulasi terendah, hasil simulasi yang bersifat *exact-estimate* dan relatif tidak beragam/homogen (nilai S_α^2 dan S_β^2 rendah) untuk nilai parameter α = 100 dan 1000 serta parameter β = 0,9;1;2;3;4 maka dapat dikatakan bahwa metode SUDF merupakan metode pendekatan yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode PLDF dan AIFR untuk menduga parameter distribusi Weibull pada kasus interval kerusakan yang tidak tetap dengan waktu kerusakan tidak diketahui.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini maka saran yang dapat disampaikan antara lain :

1. Mengaplikasikan dan melakukan analisis reliabilitas menggunakan metode SUDF pada kondisi kerusakan komponen sebenarnya.
2. Menggunakan distribusi fenomena kerusakan lainnya seperti distribusi Normal dan distribusi Lognormal.

3. Perlu dipelajari pengaruh nilai awal (*initial value*) yang digunakan pada metode SUDF terhadap hasil penduga parameter yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

Ackoff, R.L. and Sasieni, M.W. 2002. **Fundamental of Operation Research 2nd Edition**. John Wiley and Sons, New York.

Al-Fawzan, A.M. 2000. **Methods for Estimating The Parameters of The Weibull Distribution**. King Abdul Aziz City for Science and Technology, Saudi Arabia.

Anonymous. 2008. **Weibull Beta**. Http://weibull.com// Diakses 12 September 2008, Pukul 08:30.

Bain, L.J. 1978. **Statistical Analysis of Reliability and Life-testing Models, Theory and Methods**. Marcel Dekker, New York.

Bhattacharya, B. 2008. **Testing Equality of Scale Parameters Againts Restricted Alternatives for m≥3 Gamma Distribution with Unknown Common Shape Parameter**. *Journal of the American Statistical Association, Vol. 5,* 1-19.

Damayanti, F. 2007. **Model Garansi Untuk Barang Yang Tidak Dapat Diperbaiki**. Program Studi Statistika Universitas Brawijaya, Malang. Tidak dipublikasikan.

Dwiningsih, N. 2008. **Pemeliharaan dan Reliabilitas serta Konsep Manajemen Proyek**. Http://luluk.staff.gunadarma.ac.id/ Diakses 12 September 2008, Pukul 08:21.

Fernandes, A. 2008. **Modul Mata Kuliah Reliabilitas dan Uji Hidup**. Program Studi Statistika, Universitas Brawijaya, Malang. Tidak dipublikasikan.

Haryono. 1996. **Model Reliabilitas**. Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS, Surabaya.

Holy, I. 2007. **Busines Concepts in Inventory**. Elex Media Komputindo, Jakarta.

Kabir, Z. 1998. **Estimation of Weibull distribution parameters for irregular interval group failure data with unknown failure times**. *Journal of Applied Statistics, Vol. 25,* 207-219.

Kececioglu, D. 1991. **Reliability Engineering Handbook**, Volume 1. Prentice Hall, New Jersey.

Lawrance, J. 2005. **Adaptive Numerical Cumulative Distribution Functions for Effcient Importance Sampling**. *Journal of Eurographics Association, Vol. 2,* 101-110.

Law, A.M. and Kelton, W. D. 2007. **Simulation Modelling and Analysis 4th Edition**. McGraw Hill, New York.

Lei, Y. 2008. **Evaluation of three methods for estimating the Weibull distribution parameters of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*)**. *Journal Of Forest Science, Vol. 54,* 566-571.

Liu, C. and Phillip C.T.W. 2008. **The Approximate Equations Between The Weibull And Lognormal Distribution By Using MRR**. Takming University of Science & Technology and The Institution of Engineering and Technology, Taiwan & Notthingham.

Mendenhall, W. *et al*. 2004. **Mathematical Statistics with Applications 6th Edition**. Duxbury Press. Boston, USA.

Montgomery, D. 2008. **Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik Edisi 6**. Terjemahan Zanzawi Soeyoeti, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Petra, C. 2004. **Peningkatan kapasitas produksi dengan perbaikan metode kerja.** Http:/*/digilib.petra.ac.id/waru-chapter2.pdf// Diakses 12 Februari 2009, Pukul 20:00.*

Richard, I. 2002. **Pengambilan Keputusan Secara Kuantitatif**, Terjemahan Nartanto. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.

Sari, D. 2007. **Optimasi Persediaan Suku Cadang Dengan Analisis Reliabilitas (Studi Kasus Pt Petrokimia Gresik).** Statistika Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya. Tidak Dipublikasikan.

Scholz, F. 2007. **Weibull Probability Paper**. Princeton University, Columbia.

Suharianto. 2007. **Diktat Metode Simulasi**. Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Jember.

Sumarminingsih, E. 2007. **Modul Mata Kuliah Metode Simulasi**. Program Studi Statistika, Universitas Brawijaya, Malang. Tidak dipublikasikan.

Thoman, D.R. and Bain L.J. 1969. **Two Sample Test in The Weibull Distribution**. *Journal of Technometrics, Vol. 2,* 805-815.

Tobias, A.P. and Trindade, C.D. 1995. **Applied Reliability Second Edition**. Chapman & Hall/CRC, New York.

Tobias, A.P. 2008. **Engineering Statistics Handbook**. Http://www.itl.nist.govdiv898handbookaprsection1apr162.htm// Diakses 23 April 2009, Pukul 13.34.

Wijaya, Y.M. 2003. **Perumusan Strategi Penggunaan Modul PCM–4 Exchange Unit Berdasarkan Merek Dagang Dengan Pendekatan *Reliability* (Studi Kasus : Pt. Telkom Tbk. Kandatel Lembong, Bandung, Dinyan Bandung Centrum).** Jurnal Teknik Industri. Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, Bandung.

Wikipedia Foundation, Inc. 2008. **Piecewise Linear**. Http : // www.wikipedia.com // Diakses 9 Januari 2009, Pukul 12:24.

Zaindin, M. and Ammar M.S. 2009. **Parameters Estimation of the Modified Weibull Distribution**. *Journal of Applied Mathematical Sciences, Vol. 3,* 541-550.

Lampiran 1. *Macro* Minitab Untuk Metode PLDF

```
macro
PLDFnew a b nbesar
MCONSTANT i j ptot k n nreg a b nbesar it n_it n1 bat1 bat2 sel p1
               p2 p3 p4 p5
MCOLUMN c1 c2 c3 c4 c5 c6 c7 c8 c9 c10 c11 c12 c13 c14 c15
MCOLUMN c400 c600 iterasi
MCOLUMN D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12 D13 D14 D15 D16
               D17 D18 D19 D20
MCOLUMN tambah1 tambah2 tambah3 tambah4 tambah5 tambah6
MCOLUMN plus1 plus2 plus3
MCOLUMN alphaREG betaREG sampsze sampsize sumXY sumX2 alpha beta
               gdnss_a gdnss_b test_a test_b MSE_a MSE_b alpha_
               beta_
MCOLUMN MSE_alp MSE_be test_alp test_be MSEa MSEb

note Masukkan Banyak Iterasi yang Anda inginkan kemudian akhiri
               dengan end
set iterasi;
file "terminal".
copy iterasi n_it
let it=1
mlabel 3
if it<=n_it
print it
goto 2
else
endif
let MSEa = Mean(MSE_a)
let MSEb = Mean(MSE_b)
let p1 = "HASIL PENDUGAAN PARAMETER DISTRIBUSI WEIBULL DENGAN
               METODE PLDF UNTUK ALPHA ="
let p2 = a
let p3 = "DAN BETA ="
let p4 = b
let p5 = "ADALAH :"
write 'TERMINAL' p1-p5
print alpha_ beta_ sampsze test_a test_b MSE_a MSE_b
print MSEa MSEb
exit
mlabel 2
let k=10
mlabel 1
  if k >21
   goto 2
  endif
Random k c1;
Uniform 0.02 0.10.
let ptot = sum (c1)
if ptot < 0.95 or ptot > 1
let k=k+1
goto 1
```

Lampiran 1. (lanjutan)

```
else if ptot >= 0.95
let n = count(c1)
endif

# menghitung jumlah ptot pada c2
do i=2:n
let c2(1) = c1(1)
let c2(i) = c2(i-1) + c1(i)
let c2(n) = sum(c1)
enddo
let n1 = count(c2)
if n < n1
let sel = n1-n
let bat1 = n+1
let bat2 = n+sel
delete bat1:bat2 c2
endif
# menghitung waktu kerusakan Tk pada c3
do i=1:n
let c3(i) = a*(-loge(1-c2(i)))**(1/b)
enddo
let n1 = count(c3)
if n < n1
let sel = n1-n
let bat1 = n+1
let bat2 = n+sel
delete bat1:bat2 c3
endif
# menghitung failure number fk pada c4
let c400 = nbesar
let c4(1) = c400*c1(1)

do i=2:n
let D0(i)   = c400*c1(i)
let D1(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-1))/a)**b)
let D2(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-2))/a)**b)
let D3(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-3))/a)**b)
let D4(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-4))/a)**b)
let D5(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-5))/a)**b)
let D6(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-6))/a)**b)
let D7(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-7))/a)**b)
let D8(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-8))/a)**b)
let D9(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-9))/a)**b)
let D10(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-10))/a)**b)
let D11(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-11))/a)**b)
let D12(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-12))/a)**b)
let D13(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-13))/a)**b)
let D14(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-14))/a)**b)
let D15(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-15))/a)**b)
let D16(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-16))/a)**b)
let D17(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-17))/a)**b)
```

Lampiran 1. (lanjutan)

```
let D18(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-18))/a)**b)
let D19(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-19))/a)**b)
let D20(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-20))/a)**b)
enddo

let c4(2) = D0(2) + c4(1)*D1(2)
let c4(3) = D0(3) + c4(1)*(D2(3)-D1(2)) + C4(2)*D1(3)
let c4(4) = D0(4) + c4(1)*(D3(4)-D2(3)) + c4(2)*(D2(4)-D1(3)) +
               C4(3)*D1(4)
let c4(5) = D0(5) + c4(1)*(D4(5)-D3(4)) + C4(2)*(D3(5)-D2(4)) +
               C4(3)*(D2(5)-D1(4)) + C4(4)*D1(5)

 :  :  :
mlabel 31
if n = 20
 if  gdnss_b<c13(20)
 let c15(1) = "BETA TELAH SESUAI"
 else
  let c15(1) = "BETA TIDAK SESUAI"
 endif
else
goto 32
endif

mlabel 32
if n = 21
 if  gdnss_b<c13(21)
let c15(1) = "BETA TELAH SESUAI"
 else
  let c15(1) = "BETA TIDAK SESUAI"
 endif
else
endif
Let alpha = round(alpha,4)
Let beta = round(beta,4)

let test_alp = c14
let test_be = c15
let MSE_alp = (a-alpha)**2
let MSE_be = (b-beta)**2
let alpha_(it) = alpha
let beta_(it) = beta
let test_a(it) = test_alp
let test_b(it) = test_be
let MSE_a(it) = MSE_alp
let MSE_b(it) = MSE_be
let sampsze(it) = sampsize
let it=it+1
goto 3
endmacro
```

Lampiran 2. *Macro* Minitab Untuk Metode AIFR

```
macro
AIFRnew a b nbesar
MCONSTANT i j ptot k n nreg a b nbesar it n_it n1 bat1 bat2 sel p1
               p2 p3 p4 p5
MCOLUMN c1 c2 c3 c4 c5 c6 c7 c8 c9 c10 c11 c12 c13 c14 c15
MCOLUMN c400 c600 iterasi
MCOLUMN D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12 D13 D14 D15 D16
               D17 D18 D19 D20
MCOLUMN tambah1 tambah2 tambah3 tambah4 tambah5 tambah6
MCOLUMN plus1 plus2 plus3
MCOLUMN alphaREG betaREG sampsze sampsize sumXY sumX2 alpha beta
               gdnss_a gdnss_b test_a test_b MSE_a MSE_b alpha_
               beta_
MCOLUMN MSE_alp MSE_be test_alp test_be MSEa MSEb

note Masukkan Banyak Iterasi yang Anda inginkan kemudian akhiri
               dengan end
set iterasi;
file "terminal".
copy iterasi n_it
let it=1
mlabel 3
if it<=n_it
print it
goto 2
else
endif
let MSEa = Mean(MSE_a)
let MSEb = Mean(MSE_b)
let p1 = "HASIL PENDUGAAN PARAMETER DISTRIBUSI WEIBULL DENGAN
               METODE AIFR UNTUK ALPHA ="
let p2 = a
let p3 = "DAN BETA ="
let p4 = b
let p5 = "ADALAH :"
write 'TERMINAL' p1-p5
print alpha_ beta_ sampsze test_a test_b MSE_a MSE_b
print MSEa MSEb
exit
mlabel 2
let k=10
mlabel 1
  if k >21
   goto 2
  endif
Random k c1;
Uniform 0.02 0.10.
let ptot = sum (c1)
if ptot < 0.95 or ptot > 1
let k=k+1
goto 1
```

Lampiran 2. (lanjutan)

```
else if ptot >= 0.95
let n = count(c1)
endif

# menghitung jumlah ptot pada c2
do i=2:n
let c2(1) = c1(1)
let c2(i) = c2(i-1) + c1(i)
let c2(n) = sum(c1)
enddo
let n1 = count(c2)
if n < n1
let sel = n1-n
let bat1 = n+1
let bat2 = n+sel
delete bat1:bat2 c2
endif

# menghitung waktu kerusakan Tk pada c3
do i=1:n
let c3(i) = a*(-loge(1-c2(i)))**(1/b)
enddo
let n1 = count(c3)
if n < n1
let sel = n1-n
let bat1 = n+1
let bat2 = n+sel
delete bat1:bat2 c3
endif
# menghitung failure number fk pada c4
let c400 = nbesar
let c4(1) = c400*c1(1)
do i=2:n
let D0(i)   = c400*c1(i)
let D1(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-1))/a)**b)
let D2(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-2))/a)**b)
let D3(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-3))/a)**b)
let D4(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-4))/a)**b)
let D5(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-5))/a)**b)
let D6(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-6))/a)**b)
let D7(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-7))/a)**b)
let D8(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-8))/a)**b)
let D9(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-9))/a)**b)
let D10(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-10))/a)**b)
let D11(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-11))/a)**b)
let D12(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-12))/a)**b)
let D13(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-13))/a)**b)
let D14(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-14))/a)**b)
let D15(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-15))/a)**b)
let D16(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-16))/a)**b)
let D17(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-17))/a)**b)
```

Lampiran 2. (lanjutan)

```
let D18(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-18))/a)**b)
let D19(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-19))/a)**b)
let D20(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-20))/a)**b)
enddo

let c4(2) = D0(2) + c4(1)*D1(2)
let c4(3) = D0(3) + c4(1)*(D2(3)-D1(2)) + C4(2)*D1(3)
let  c4(4)  =  D0(4)  +  c4(1)*(D3(4)-D2(3))  +  c4(2)*(D2(4)-D1(3))  +
               C4(3)*D1(4)
let  c4(5)  =  D0(5)  +  c4(1)*(D4(5)-D3(4))  +  C4(2)*(D3(5)-D2(4))  +
               C4(3)*(D2(5)-D1(4)) + C4(4)*D1(5)

Let tambah1(1) = C4(4)*(D2(6)-D1(5)) + C4(5)*D1(6)
let  c4(6)  =  D0(6)  +  c4(1)*(D5(6)-D4(5))  +  C4(2)*(D4(6)-D3(5))  +
               C4(3)*(D3(6)-D2(5)) + tambah1(1)

let   tambah1(2)   =   C4(4)*(D3(7)-D2(6))   +   C4(5)*(D2(7)-D1(6))   +
               C4(6)*D1(7)
let  c4(7)  =  D0(7)  +  c4(1)*(D6(7)-D5(6))  +  C4(2)*(D5(7)-D4(6))  +
               C4(3)*(D4(7)-D3(6)) + tambah1(2)
 :  :  :

mlabel 32
if n = 21
 if  gdnss_b<c13(21)
let c15(1) = "BETA TELAH SESUAI"
 else
  let c15(1) = "BETA TIDAK SESUAI"
 endif
else
endif

let test_alp = c14
let test_be = c15
let MSE_alp = (a-alpha)**2
let MSE_be = (b-beta)**2


let alpha_(it) = alpha
let beta_(it) = beta
let test_a(it) = test_alp
let test_b(it) = test_be
let MSE_a(it) = MSE_alp
let MSE_b(it) = MSE_be
let sampsze(it) = sampsize

let it=it+1
goto 3

endmacro
```

Lampiran 3. *Macro* Minitab Untuk Metode SUDF

```
macro
SUDFnew a b nbesar
MCONSTANT i j ptot k n nreg a b nbesar it n_it n1 bat1 bat2 sel p1
              p2 p3 p4 p5 z
MCOLUMN c1 c2 c3 c4 c5 c6 c7 c8 c9 c10 c11 c12 c13 c14 c15 C16 C17
              C18 C19 C20 C21 C22 C23 c24 c25 c26 c27 c28 c29 c30
              c31 c32 c33 c34 c35 c36 c37 c38 c39 k31 k32 k33
MCOLUMN c400 c600 iterasi
MCOLUMN D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12 D13 D14 D15 D16
              D17 D18 D19 D20
MCOLUMN tambah1 tambah2 tambah3 tambah4 tambah5 tambah6
MCOLUMN plus1 plus2 plus3
MCOLUMN alphaREG betaREG sampsze sampsize sumXY sumX2 alpha beta
              gdnss_a gdnss_b test_a test_b MSE_a MSE_b alpha_
              beta_
MCOLUMN MSE_alp MSE_be test_alp test_be MSEa MSEb
MCOLUMN a_UPD b_UPD a_REGR b_REGR totXY totXX totX2 nregr
MCOLUMN Tamb Tamb2 Tamb3 Tamb4 Tamb5 Tamb6
MCOLUMN Singkat1 Singkat2 Singkat3 Singkat4 Singkat5

note Masukkan Banyak Iterasi yang Anda inginkan kemudian akhiri
              dengan end
set iterasi;
file "terminal".
copy iterasi n_it
let it=1
mlabel 3
if it<=n_it
print it
goto 2
else
endif
let MSEa = Mean(MSE_a)
let MSEb = Mean(MSE_b)
let p1 = "HASIL PENDUGAAN PARAMETER DISTRIBUSI WEIBULL DENGAN
              METODE SUDF UNTUK ALPHA ="
let p2 = a
let p3 = "DAN BETA ="
let p4 = b
let p5 = "ADALAH :"
write 'TERMINAL' p1-p5
print alpha_ beta_ sampsze test_a test_b MSE_a MSE_b
print MSEa MSEb
exit
mlabel 2
let k=10
mlabel 1
  if k >21
   goto 2
  endif
Random k c1;
```

Lampiran 3. (lanjutan)

```
Uniform 0.02 0.10.
let ptot = sum (c1)
if ptot < 0.95 or ptot > 1
let k=k+1
goto 1
else if ptot >= 0.95
let n = count(c1)
endif

# menghitung jumlah ptot pada c2
do i=2:n
let c2(1) = c1(1)
let c2(i) = c2(i-1) + c1(i)
let c2(n) = sum(c1)
enddo
let n1 = count(c2)
if n < n1
let sel = n1-n
let bat1 = n+1
let bat2 = n+sel
delete bat1:bat2 c2
endif

# menghitung waktu kerusakan Tk pada c3
do i=1:n
let c3(i) = a*(-loge(1-c2(i)))**(1/b)
enddo
let n1 = count(c3)
if n < n1
let sel = n1-n
let bat1 = n+1
let bat2 = n+sel
delete bat1:bat2 c3
endif
# menghitung failure number fk pada c4
let c400 = nbesar
let c4(1) = c400*c1(1)
do i=2:n
let D0(i)   = c400*c1(i)
let D1(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-1))/a)**b)
let D2(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-2))/a)**b)
let D3(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-3))/a)**b)
let D4(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-4))/a)**b)
let D5(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-5))/a)**b)
let D6(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-6))/a)**b)
let D7(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-7))/a)**b)
let D8(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-8))/a)**b)
let D9(i)   = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-9))/a)**b)
let D10(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-10))/a)**b)
let D11(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-11))/a)**b)
let D12(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-12))/a)**b)
```

Lampiran 3. (lanjutan)

```
let D13(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-13))/a)**b)
let D14(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-14))/a)**b)
let D15(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-15))/a)**b)
let D16(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-16))/a)**b)
let D17(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-17))/a)**b)
let D18(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-18))/a)**b)
let D19(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-19))/a)**b)
let D20(i) = 1-EXPO(-((c3(i)-c3(i-20))/a)**b)
enddo

let c4(2) = D0(2) + c4(1)*D1(2)
let c4(3) = D0(3) + c4(1)*(D2(3)-D1(2)) + C4(2)*D1(3)
let  c4(4)  =  D0(4)  +  c4(1)*(D3(4)-D2(3))  +  c4(2)*(D2(4)-D1(3))  +
               C4(3)*D1(4)
let  c4(5)  =  D0(5)  +  c4(1)*(D4(5)-D3(4))  +  C4(2)*(D3(5)-D2(4))  +
               C4(3)*(D2(5)-D1(4)) + C4(4)*D1(5)
 :  :  :
 :  :  :
mlabel 31
if n = 20
 if  gdnss_b<c37(20)
 let c39(1) = "BETA TELAH SESUAI"
 else
  let c39(1) = "BETA TIDAK SESUAI"
 endif
else
goto 32
endif
mlabel 32
if n = 21
 if  gdnss_b<c37(21)
let c39(1) = "BETA TELAH SESUAI"
 else
  let c39(1) = "BETA TIDAK SESUAI"
 endif
else
endif
let test_alp = c38
let test_be = c39
let MSE_alp = (a-alpha)**2
let MSE_be = (b-beta)**2
let alpha_(it) = alpha
let beta_(it) = beta
let test_a(it) = test_alp
let test_b(it) = test_be
let MSE_a(it) = MSE_alp
let MSE_b(it) = MSE_be
let sampsze(it) = sampsize
let it=it+1
goto 3
endmacro
```

Lampiran 4. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 1 (α = 100 dan β = 0,9) dengan Metode PLDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	113	1.0894	18	SESUAI	SESUAI	169	0.03587236
2	115.814	0.9681	16	SESUAI	SESUAI	250.082596	0.00463761
3	107.014	1.1567	15	SESUAI	SESUAI	49.196196	0.06589489
4	158	1.0799	14	SESUAI	SESUAI	3364	0.03236401
5	111	1.2172	16	SESUAI	SESUAI	121	0.10061584
6	115	1.22	14	SESUAI	SESUAI	225	0.1024
7	117	1.1814	16	SESUAI	SESUAI	289	0.07918596
8	156.952	0.7623	16	SESUAI	SESUAI	3243.530304	0.01896129
9	113.467	1.1519	14	SESUAI	SESUAI	181.360089	0.06345361
10	122.951	1.0125	15	SESUAI	SESUAI	526.748401	0.01265625
11	118	1.106	15	SESUAI	SESUAI	324	0.042436
12	158	0.7744	14	SESUAI	SESUAI	3364	0.01577536
13	122	1.1107	15	SESUAI	SESUAI	484	0.04439449
14	127	0.9587	17	SESUAI	SESUAI	729	0.00344569
15	118.495	1.1057	14	SESUAI	SESUAI	342.065025	0.04231249
16	92	1.9968	13	SESUAI	SESUAI	64	1.20297024
17	136	0.9739	16	SESUAI	SESUAI	1296	0.00546121
18	118	1.0545	18	SESUAI	SESUAI	324	0.02387025
19	117	1.104	16	SESUAI	SESUAI	289	0.041616
20	145.768	0.9055	16	SESUAI	SESUAI	2094.709824	3.025E-05
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	129.178	0.9624	20	SESUAI	SESUAI	851.355684	0.00389376
998	130.783	0.9922	18	SESUAI	SESUAI	947.593089	0.00850084
999	106.749	1.4042	15	SESUAI	SESUAI	45.549001	0.25421764
1000	102.662	1.3552	15	SESUAI	SESUAI	7.086244	0.20720704
					MSE	**861.46319**	**0.091893884**

Lampiran 5. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 1 (α = 100 dan β = 0,9) dengan Metode AIFR

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	97.3591	0.82304	15	SESUAI	SESUAI	6.97413	0.0059
2	102.899	0.75048	20	SESUAI	SESUAI	8.4069	0.0224
3	104.221	0.72454	18	SESUAI	SESUAI	17.8163	0.0308
4	83.6268	1.09175	15	SESUAI	SESUAI	268.083	0.0368
5	87.0195	0.88147	16	SESUAI	SESUAI	168.493	0.0003
6	95.1969	0.85518	18	SESUAI	SESUAI	23.0695	0.002
7	99.6605	0.8506	16	SESUAI	SESUAI	0.115275	0.0024
8	88.3079	0.91323	15	SESUAI	SESUAI	136.706	0.0002
9	91.2466	0.90089	15	SESUAI	SESUAI	76.6222	0
10	87.7313	0.86356	17	SESUAI	SESUAI	150.521	0.0013
11	95.5942	0.72886	16	SESUAI	SESUAI	19.4115	0.0293
12	119.395	0.78672	17	SESUAI	SESUAI	376.156	0.0128
13	114.976	0.68399	16	SESUAI	SESUAI	224.285	0.0467
14	87.7825	0.87054	17	SESUAI	SESUAI	149.268	0.0009
15	146.718	0.64586	19	SESUAI	SESUAI	2182.56	0.0646
16	87.3748	0.79155	15	SESUAI	SESUAI	159.395	0.0118
17	126.167	0.66301	17	SESUAI	SESUAI	684.71	0.0562
18	121.891	0.51534	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	479.236	0.148
19	140.012	0.43378	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	1600.94	0.2174
20	121.823	0.61019	15	SESUAI	SESUAI	476.25	0.084
⁝	⁝	⁝	⁝	⁝	⁝	⁝	⁝
997	80.8224	1.09591	13	SESUAI	SESUAI	367.781	0.03838
998	158.553	0.57442	17	TIDAK SESUAI	SESUAI	3428.41	0.10601
999	88.413	0.71397	17	SESUAI	SESUAI	134.258	0.03461
1000	112.12	0.63222	17	SESUAI	SESUAI	146.905	0.07171
					MSE	**988.4772487**	**0.1103265**

Lampiran 6. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 1 (α = 100 dan β = 0,9) dengan Metode SUDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	99.484	0.9015	18	SESUAI	SESUAI	0.266256	0.0000022
2	100.483	0.9006	13	SESUAI	SESUAI	0.233289	0.0000003
3	100.756	0.8995	16	SESUAI	SESUAI	0.571536	0.0000003
4	100.043	0.8999	15	SESUAI	SESUAI	0.001849	0
5	100.327	0.8992	19	SESUAI	SESUAI	0.106929	0.0000007
6	99.73	0.8997	13	SESUAI	SESUAI	0.0729	0.0000001
7	99.242	0.9007	13	SESUAI	SESUAI	0.574564	0.0000005
8	100.934	0.8979	16	SESUAI	SESUAI	0.872356	0.0000045
9	101.012	0.8981	18	SESUAI	SESUAI	1.024144	0.0000036
10	99.508	0.9003	17	SESUAI	SESUAI	0.242064	0.0000001
11	100.805	0.8982	19	SESUAI	SESUAI	0.648025	0.0000032
12	98.868	0.9019	17	SESUAI	SESUAI	1.281424	0.0000038
13	99.902	0.9003	16	SESUAI	SESUAI	0.009604	0.0000001
14	99.915	0.9003	14	SESUAI	SESUAI	0.007225	0.0000001
15	100.493	0.9001	14	SESUAI	SESUAI	0.243049	0
16	100.795	0.8996	15	SESUAI	SESUAI	0.632025	0.0000002
17	100.211	0.899	17	SESUAI	SESUAI	0.044521	0.000001
18	100.046	0.8993	16	SESUAI	SESUAI	0.002116	0.0000005
19	101.061	0.8986	15	SESUAI	SESUAI	1.125721	0.0000019
20	100.518	0.8991	15	SESUAI	SESUAI	0.268324	0.0000009
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	98.709	0.902	16	SESUAI	SESUAI	1.66581	0.0000041
998	97.515	0.9043	16	SESUAI	SESUAI	6.1772	0.0000189
999	99.676	0.9028	15	SESUAI	SESUAI	0.10485	0.0000081
1000	100.81	0.898	19	SESUAI	SESUAI	0.65537	0.0000039
					MSE	**0.915407599**	**6.2084E-06**

Lampiran 7. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 2 (α = 100 dan β = 1) dengan Metode PLDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	156.618	0.8253	17	SESUAI	SESUAI	3205.55	0.03052009
2	112.82	1.0929	17	SESUAI	SESUAI	164.35	0.00863041
3	113.908	1.0229	19	SESUAI	SESUAI	193.424	0.00052441
4	138.09	0.8871	18	SESUAI	SESUAI	1450.86	0.01274641
5	134.227	0.938	17	SESUAI	SESUAI	1171.47	0.003844
6	98.0772	1.6489	14	SESUAI	SESUAI	3.69716	0.42107121
7	115.656	1.1481	16	SESUAI	SESUAI	245.117	0.02193361
8	149.143	0.6675	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	2414.99	0.11055625
9	104.684	1.4014	15	SESUAI	SESUAI	21.9417	0.16112196
10	105.009	1.3359	14	SESUAI	SESUAI	25.0871	0.11282881
11	102.167	1.362	17	SESUAI	SESUAI	4.69589	0.131044
12	146.892	0.8456	19	SESUAI	SESUAI	2198.88	0.02383936
13	114.285	1.2136	15	SESUAI	SESUAI	204.073	0.04562496
14	112.022	1.1227	16	SESUAI	SESUAI	144.533	0.01505529
15	109.533	1.2335	15	SESUAI	SESUAI	90.88	0.05452225
16	147.542	0.8406	16	SESUAI	SESUAI	2260.22	0.02540836
17	122.091	1.0507	16	SESUAI	SESUAI	488.008	0.00257049
18	108.706	1.2837	13	SESUAI	SESUAI	75.7997	0.08048569
19	138.603	0.9269	15	SESUAI	SESUAI	1490.15	0.00534361
20	102.814	1.3378	17	SESUAI	SESUAI	7.91747	0.11410884
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	113.95	1.0871	19	SESUAI	SESUAI	195	0.00758641
998	110.24	1.49	15	SESUAI	SESUAI	105	0.2401
999	117.25	1.2309	16	SESUAI	SESUAI	297	0.05331481
1000	112.76	1.2476	17	SESUAI	SESUAI	163	0.06130576
					MSE	**825.1718565**	**0.070084511**

Lampiran 8. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 2 (α = 100 dan β = 1) dengan Metode AIFR

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	95.8219	0.9556	16	SESUAI	SESUAI	17.4565	0.00197
2	162.278	0.6271	16	TIDAK SESUAI	SESUAI	3878.52	0.13903
3	101.755	0.8556	16	SESUAI	SESUAI	3.08098	0.02087
4	113.974	0.8495	16	SESUAI	SESUAI	195.261	0.02265
5	98.1704	0.8663	16	SESUAI	SESUAI	3.34734	0.01788
6	97.2136	0.9095	16	SESUAI	SESUAI	7.76399	0.00818
7	95.32	0.9704	16	SESUAI	SESUAI	21.9022	0.00087
8	98.8628	0.9446	20	SESUAI	SESUAI	1.29322	0.00307
9	84.8765	1.4135	15	SESUAI	SESUAI	228.721	0.17097
10	84.8627	1.6287	15	SESUAI	SESUAI	229.138	0.39529
11	97.9489	0.9176	19	SESUAI	SESUAI	4.20691	0.0068
12	85.4237	1.4403	16	SESUAI	SESUAI	212.467	0.19383
13	91.5753	1.0168	18	SESUAI	SESUAI	70.9749	0.00028
14	97.9938	1.2475	15	SESUAI	SESUAI	4.02501	0.06125
15	105.738	0.8723	21	SESUAI	SESUAI	32.9219	0.01631
16	93.1595	1.8149	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	46.7921	0.66408
17	88.9798	1.8826	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	121.444	0.77889
18	77.0227	1.6208	15	SESUAI	SESUAI	527.958	0.38536
19	126.898	0.8649	15	SESUAI	SESUAI	723.493	0.01825
20	91.0999	1.8063	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	79.2118	0.65011
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	100.97	1.0945	16	SESUAI	SESUAI	1	0.00892
998	120.47	1.1032	15	SESUAI	SESUAI	419	0.01064
999	147	0.7985	20	SESUAI	SESUAI	2209	0.0406
1000	83.94	0.9751	16	SESUAI	SESUAI	258	0.00062
					MSE	**854.9056741**	**0.1107039**

Lampiran 9. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 2 (α = 100 dan β = 1) dengan Metode SUDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	100.182	0.9994	16	SESUAI	SESUAI	0.03314	0.0000004
2	100.204	0.9994	16	SESUAI	SESUAI	0.041611	0.0000003
3	99.723	1.0011	17	SESUAI	SESUAI	0.076599	0.0000012
4	100.009	1.0003	15	SESUAI	SESUAI	0.00009	0.0000001
5	100.245	0.9992	18	SESUAI	SESUAI	0.060056	0.0000007
6	100.229	0.9993	18	SESUAI	SESUAI	0.052456	0.0000005
7	100.205	0.9992	15	SESUAI	SESUAI	0.041953	0.0000007
8	99.731	1.0006	16	SESUAI	SESUAI	0.072109	0.0000004
9	100.211	0.9998	15	SESUAI	SESUAI	0.044384	0.0000001
10	99.959	1.0001	15	SESUAI	SESUAI	0.001692	0
11	100.002	0.9999	17	SESUAI	SESUAI	0.000003	0
12	100.22	0.9996	15	SESUAI	SESUAI	0.04851	0.0000002
13	99.626	1.0006	15	SESUAI	SESUAI	0.139826	0.0000004
14	100.183	0.9996	15	SESUAI	SESUAI	0.033587	0.0000002
15	99.94	1	16	SESUAI	SESUAI	0.003647	0
16	100.054	0.9998	15	SESUAI	SESUAI	0.002949	0
17	100.13	0.9998	14	SESUAI	SESUAI	0.016977	0
18	99.881	1.0002	17	SESUAI	SESUAI	0.014143	0
19	100.13	0.9996	18	SESUAI	SESUAI	0.016939	0.0000001
20	100.097	0.9997	20	SESUAI	SESUAI	0.009367	0.0000001
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	99.914	1.0004	17	SESUAI	SESUAI	0.007446	0.0000002
998	100.078	1.0005	13	SESUAI	SESUAI	0.00611	0.0000003
999	100.03	1.0003	16	SESUAI	SESUAI	0.000916	0.0000001
1000	100.061	1.0003	15	SESUAI	SESUAI	0.003767	0.0000001
					MSE	**0.02827697**	**2.568E-07**

Lampiran 10. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 3 (α = 100 dan β = 2) dengan Metode PLDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	113.801	1.7336	17	SESUAI	SESUAI	190.456	0.071
2	99.341	3.3397	19	SESUAI	TIDAK SESUAI	0.434	1.795
3	103.957	2.585	16	SESUAI	SESUAI	15.654	0.342
4	101.717	2.6505	16	SESUAI	SESUAI	2.948	0.423
5	110.979	1.7885	17	SESUAI	SESUAI	120.534	0.045
6	109.683	1.8245	18	SESUAI	SESUAI	93.751	0.031
7	99.211	2.7649	20	SESUAI	SESUAI	0.622	0.585
8	103.109	2.5245	17	SESUAI	SESUAI	9.666	0.275
9	90.486	3.369	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	90.522	1.874
10	99.695	2.3369	20	SESUAI	SESUAI	0.093	0.113
11	91.948	3.3726	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	64.829	1.884
12	108.313	1.8506	18	SESUAI	SESUAI	69.113	0.022
13	106.469	2.066	15	SESUAI	SESUAI	41.847	0.004
14	111.624	1.7695	16	SESUAI	SESUAI	135.127	0.053
15	109.897	1.8168	18	SESUAI	SESUAI	97.945	0.034
16	114.011	1.72079	17	SESUAI	SESUAI	196.315	0.078
17	93.175	2.9548	16	SESUAI	SESUAI	46.583	0.912
18	119.03	1.5533	16	SESUAI	SESUAI	362.139	0.2
19	109.441	1.8285	17	SESUAI	SESUAI	89.128	0.029
20	114.829	1.6598	17	SESUAI	SESUAI	219.893	0.116
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
998	94.081	3.1406	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	35.04	1.301
999	97.18	3.1528	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	7.954	1.3289
1000	102.712	3.1878	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	7.353	1.4109
					MSE	**80.666323**	**0.685565**

Lampiran 11. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 3 (α = 100 dan β = 2) dengan Metode AIFR

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	100.735	1.9594	18	SESUAI	SESUAI	0.54	0.002
2	122.321	1.5662	16	SESUAI	SESUAI	498.21	0.188
3	94.749	3.015	17	SESUAI	SESUAI	27.572	1.03
4	95.603	4.2976	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	19.337	5.279
5	92.588	3.7154	14	SESUAI	TIDAK SESUAI	54.939	2.943
6	96.924	3.566	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	9.463	2.452
7	91.142	4.8284	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	78.468	8
8	119.608	1.6639	17	SESUAI	SESUAI	384.48	0.113
9	95.33	2.6815	17	SESUAI	SESUAI	21.813	0.464
10	100.612	2.744	17	SESUAI	SESUAI	0.374	0.554
11	96	2.9206	16	SESUAI	SESUAI	15.998	0.848
12	96.211	3.082	15	SESUAI	SESUAI	14.358	1.171
13	95.357	2.07	15	SESUAI	SESUAI	21.55	0.005
14	93.066	3.3945	17	SESUAI	TIDAK SESUAI	48.08	1.945
15	95.363	3.1968	17	SESUAI	TIDAK SESUAI	21.503	1.432
16	104.748	1.858	20	SESUAI	SESUAI	22.544	0.02
17	91.221	4.5588	17	SESUAI	TIDAK SESUAI	77.075	6.547
18	99.949	2.0148	15	SESUAI	SESUAI	0	0
19	105.741	1.8788	16	SESUAI	SESUAI	32.96	0.015
20	107.538	1.7879	16	SESUAI	SESUAI	56.82	0.045
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
998	90.102	3.4835	17	SESUAI	TIDAK SESUAI	97.975	2.2007
999	90.065	3.0988	17	SESUAI	SESUAI	98.711	1.2074
1000	88.176	4.676	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	139.809	7.1609
					MSE	**52.581715**	**1.8776069**

Lampiran 12. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 3 (α = 100 dan β = 2) dengan Metode SUDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	101.042	1.98564	15	SESUAI	SESUAI	1.086	0.0002062
2	102.469	1.96379	15	SESUAI	SESUAI	6.0963	0.0013111
3	101.977	1.97301	18	SESUAI	SESUAI	3.9066	0.0007286
4	101.49	1.97567	15	SESUAI	SESUAI	2.2198	0.0005918
5	102.204	1.97059	13	SESUAI	SESUAI	4.8578	0.0008651
6	102.029	1.97389	14	SESUAI	SESUAI	4.1183	0.0006818
7	103.208	1.95305	16	SESUAI	SESUAI	10.2942	0.0022039
8	100.815	1.97349	15	SESUAI	SESUAI	0.6642	0.0007025
9	100.193	1.99361	17	SESUAI	SESUAI	0.0374	0.0000409
10	103.78	1.93838	18	SESUAI	SESUAI	14.2883	0.0037965
11	100	2	18	SESUAI	SESUAI	0	0
12	102.34	1.97863	16	SESUAI	SESUAI	5.4734	0.0004566
13	101.798	1.97027	18	SESUAI	SESUAI	3.2326	0.0008837
14	100.969	1.98204	16	SESUAI	SESUAI	0.9393	0.0003225
15	103.239	1.96346	15	SESUAI	SESUAI	10.4891	0.0013355
16	100.289	1.98931	15	SESUAI	SESUAI	0.0838	0.0001142
17	100.973	1.9851	15	SESUAI	SESUAI	0.9476	0.0002221
18	100.487	1.99462	18	SESUAI	SESUAI	0.2367	0.000029
19	100.862	1.99045	19	SESUAI	SESUAI	0.7423	0.0000912
20	100.423	1.9924	17	SESUAI	SESUAI	0.179	0.0000577
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	101.709	1.97937	15	SESUAI	SESUAI	2.9212	0.0004255
998	101.87	1.97796	14	SESUAI	SESUAI	3.4978	0.0004856
999	100.125	1.99101	18	SESUAI	SESUAI	0.0156	0.0000808
1000	100.851	1.99021	15	SESUAI	SESUAI	0.7235	0.0000957
					MSE	**3.0468**	**0.0006**

Lampiran 13. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 4 (α = 100 dan β = 3) dengan Metode PLDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	119.482	2.2419	14	SESUAI	SESUAI	379.54	0.5747
2	119.878	2.2441	16	SESUAI	SESUAI	395.13	0.5714
3	111.986	2.8387	15	SESUAI	SESUAI	143.67	0.026
4	122.94	2.103	17	SESUAI	SESUAI	526.24	0.8046
5	110.796	3.244	14	SESUAI	SESUAI	116.56	0.0595
6	114.444	2.587	16	SESUAI	SESUAI	208.62	0.1706
7	109.692	2.7973	16	SESUAI	SESUAI	93.94	0.0411
8	116.747	2.3647	18	SESUAI	SESUAI	280.47	0.4036
9	107.611	3.0929	15	SESUAI	SESUAI	57.92	0.0086
10	109.825	2.9831	16	SESUAI	SESUAI	96.53	0.0003
11	115.227	2.564	17	SESUAI	SESUAI	231.85	0.1901
12	111.46	2.7399	17	SESUAI	SESUAI	131.34	0.0677
13	108.013	3.416	15	SESUAI	SESUAI	64.2	0.1731
14	106.076	3.7445	15	SESUAI	SESUAI	36.92	0.5543
15	106.801	3.2002	16	SESUAI	SESUAI	46.25	0.0401
16	116.716	2.4908	17	SESUAI	SESUAI	279.44	0.2593
17	103.88	3.9011	15	SESUAI	SESUAI	15.06	0.812
18	123.182	2.1193	18	SESUAI	SESUAI	537.41	0.7756
19	122.005	2.0849	19	SESUAI	SESUAI	484.21	0.8374
20	112.962	2.5774	18	SESUAI	SESUAI	168.01	0.1786
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	104.584	3.6121	17	SESUAI	SESUAI	21.02	0.3747
998	107.127	3.118	18	SESUAI	SESUAI	50.8	0.0139
999	97.951	4.3272	17	SESUAI	SESUAI	4.2	1.7615
1000	109.923	3.1256	18	SESUAI	SESUAI	98.47	0.0158
					MSE	**57.336888**	**1.3332375**

Lampiran 14. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 4 (α = 100 dan β = 3) dengan Metode AIFR

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	109.227	2.5628	16	SESUAI	SESUAI	85.132	0.191
2	109.05	2.6012	16	SESUAI	SESUAI	81.909	0.159
3	105.602	2.7591	17	SESUAI	SESUAI	31.381	0.058
4	108.467	2.6078	17	SESUAI	SESUAI	71.697	0.154
5	111.072	2.4764	17	SESUAI	SESUAI	122.596	0.274
6	103.943	3.7249	16	SESUAI	SESUAI	15.548	0.526
7	107.975	3.2869	18	SESUAI	SESUAI	63.598	0.082
8	105.739	3.5099	16	SESUAI	SESUAI	32.938	0.26
9	105.381	3.3571	16	SESUAI	SESUAI	28.951	0.128
10	105.104	2.7862	17	SESUAI	SESUAI	26.052	0.046
11	100.754	3.6511	17	SESUAI	SESUAI	0.568	0.424
12	100.879	3.7658	17	SESUAI	SESUAI	0.773	0.586
13	97.473	4.4967	16	SESUAI	SESUAI	6.385	2.24
14	102.243	3.8326	17	SESUAI	SESUAI	5.033	0.693
15	103.87	3.5137	17	SESUAI	SESUAI	14.979	0.264
16	103.634	3.5967	18	SESUAI	SESUAI	13.203	0.356
17	103.888	3.4922	18	SESUAI	SESUAI	15.117	0.242
18	108.02	2.6393	19	SESUAI	SESUAI	64.32	0.13
19	101.386	4.126	17	SESUAI	SESUAI	1.922	1.268
20	113.188	2.4048	19	SESUAI	SESUAI	173.933	0.354
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	106.706	3.591	19	SESUAI	SESUAI	44.975	0.349
998	98.896	4.5859	17	SESUAI	SESUAI	1.218	2.515
999	103.948	3.4221	18	SESUAI	SESUAI	15.587	0.178
1000	105.917	3.3115	18	SESUAI	SESUAI	35.012	0.097
					MSE	**31.054164**	**1.024753**

Lampiran 15. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 4 (α = 100 dan β = 3) dengan Metode SUDF

Iterasi	α	β	**Sample Size**	**Test** α	**Test** β	***Square Error*** α	***Square Error*** β
1	101.487	2.95015	14	SESUAI	SESUAI	2.21083	0.0024855
2	100.684	2.97933	16	SESUAI	SESUAI	0.46803	0.0004273
3	101.141	2.96507	15	SESUAI	SESUAI	1.30275	0.0012199
4	101.35	2.95598	17	SESUAI	SESUAI	1.82339	0.0019376
5	101.762	2.93978	18	SESUAI	SESUAI	3.10385	0.0036269
6	101.756	2.93903	16	SESUAI	SESUAI	3.0823	0.0037177
7	101.359	2.94646	15	SESUAI	SESUAI	1.84703	0.0028662
8	100.897	2.96464	15	SESUAI	SESUAI	0.80461	0.0012506
9	100.901	2.95997	14	SESUAI	SESUAI	0.81217	0.0016025
10	101.974	2.93016	16	SESUAI	SESUAI	3.89662	0.0048774
11	100.791	2.96876	16	SESUAI	SESUAI	0.62555	0.0009759
12	101.581	2.94845	15	SESUAI	SESUAI	2.49812	0.0026577
13	101.351	2.95462	14	SESUAI	SESUAI	1.82577	0.0020592
14	100.944	2.97359	19	SESUAI	SESUAI	0.8903	0.0006974
15	100.584	2.97968	17	SESUAI	SESUAI	0.34059	0.0004127
16	100.557	2.98203	16	SESUAI	SESUAI	0.30984	0.0003229
17	101.476	2.96311	15	SESUAI	SESUAI	2.17793	0.0013612
18	101.152	2.96214	13	SESUAI	SESUAI	1.32689	0.0014336
19	100.93	2.97441	15	SESUAI	SESUAI	0.86511	0.000655
20	101.254	2.96343	16	SESUAI	SESUAI	1.5714	0.0013372
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	101.646	2.95162	18	SESUAI	SESUAI	2.70839	0.0023407
998	101.425	2.95352	17	SESUAI	SESUAI	2.02962	0.0021607
999	101.203	2.95536	15	SESUAI	SESUAI	1.44826	0.0019927
1000	101.315	2.95461	14	SESUAI	SESUAI	1.72854	0.0020603
					MSE	**1.2227415**	**0.0011928**

Lampiran 16. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 5 (α = 100 dan β = 4) dengan Metode PLDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	123.309	2.5101	19	SESUAI	TIDAK SESUAI	543.286	2.2198
2	124.507	2.5573	17	SESUAI	SESUAI	600.573	2.0814
3	116.379	2.9228	17	SESUAI	SESUAI	268.268	1.1604
4	113.01	3.2104	18	SESUAI	SESUAI	169.271	0.6235
5	116.025	2.943	18	SESUAI	SESUAI	256.807	1.1172
6	120.476	2.6083	16	SESUAI	SESUAI	419.267	1.9368
7	126.432	2.1772	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	698.645	3.3226
8	127.657	2.1214	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	764.915	3.5291
9	130.19	2.0454	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	911.46	3.8205
10	116.185	3.0344	19	SESUAI	SESUAI	261.964	0.9324
11	119.465	2.6916	14	SESUAI	SESUAI	378.902	1.7119
12	116.737	2.936	19	SESUAI	SESUAI	280.127	1.1321
13	150.634	1.4533	17	SESUAI	TIDAK SESUAI	2563.82	6.4857
14	173.221	1.2864	15	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	5361.3	7.3636
15	163.194	1.2915	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	3993.48	7.336
16	157.154	1.3741	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	3266.59	6.8954
17	142.693	1.7729	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	1822.68	4.96
18	120.982	2.6039	17	SESUAI	SESUAI	440.236	1.9491
19	132.497	2.0285	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	1056.05	3.8868
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	120.507	2.7356	18	SESUAI	SESUAI	420.529	1.5987
998	122.468	2.4686	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	504.829	2.3452
999	121.729	2.6262	17	SESUAI	SESUAI	472.158	1.8873
1000	118.191	2.817	17	SESUAI	SESUAI	330.898	1.3995
					MSE	**989.30105**	**2.8242913**

Lampiran 17. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 5 (α = 100 dan β = 4) dengan Metode AIFR

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	114.525	2.9572	17	SESUAI	SESUAI	210.988	1.0874
2	113.078	2.9356	16	SESUAI	SESUAI	171.034	1.133
3	105.403	3.7211	15	SESUAI	SESUAI	29.1887	0.0778
4	115.766	2.7218	16	SESUAI	SESUAI	248.565	1.6337
5	113.648	2.7864	14	SESUAI	SESUAI	186.27	1.4727
6	110.655	3.0902	16	SESUAI	SESUAI	113.52	0.8277
7	112.538	2.9369	16	SESUAI	SESUAI	157.19	1.1301
8	114.937	2.8762	18	SESUAI	SESUAI	223.12	1.263
9	106.163	3.597	16	SESUAI	SESUAI	37.9842	0.1624
10	110.817	3.2202	16	SESUAI	SESUAI	117	0.6081
11	113	2.94868	16	SESUAI	SESUAI	168	1.1053
12	116.4	2.75108	20	SESUAI	SESUAI	269	1.5598
13	114.481	2.7692	17	SESUAI	SESUAI	209.69	1.5149
14	111.073	3.196	18	SESUAI	SESUAI	122.609	0.6464
15	114.6	2.96943	17	SESUAI	SESUAI	215	1.0621
16	100.639	5.4642	15	SESUAI	SESUAI	0.408895	2.1437
17	105.469	4.495	15	SESUAI	SESUAI	29.9079	0.245
18	100.369	5.5435	15	SESUAI	SESUAI	0.1362	2.3824
19	102.3	4.62459	15	SESUAI	SESUAI	5	0.3901
20	100.666	5.133	15	SESUAI	SESUAI	0.4436	1.2836
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	110.44	3.3614	17	SESUAI	SESUAI	109	0.4078
998	106	3.9668	16	SESUAI	SESUAI	40.0302	0.0011
999	108.23	3.5197	16	SESUAI	SESUAI	68	0.2307
1000	104.62	3.9412	15	SESUAI	SESUAI	21	0.0035
					MSE	**249.64445**	**1.3592018**

Lampiran 18. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 5 (α = 100 dan β = 4) dengan Metode SUDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	100.49	3.97252	15	SESUAI	SESUAI	0.23971	0.0007554
2	100.305	3.98586	15	SESUAI	SESUAI	0.0931	0.0001999
3	100.731	3.9526	16	SESUAI	SESUAI	0.53458	0.0022468
4	100.547	3.96527	14	SESUAI	SESUAI	0.29887	0.0012065
5	100.665	3.96114	14	SESUAI	SESUAI	0.44232	0.0015101
6	100.502	3.97277	16	SESUAI	SESUAI	0.25224	0.0007415
7	100.808	3.95273	17	SESUAI	SESUAI	0.65306	0.0022345
8	100.903	3.94387	15	SESUAI	SESUAI	0.81529	0.003151
9	100.149	3.99368	19	SESUAI	SESUAI	0.02215	0.0000399
10	100.813	3.96943	17	SESUAI	SESUAI	0.66088	0.0009343
11	100.642	3.97	16	SESUAI	SESUAI	0.41192	0.0008999
12	100.983	3.95657	17	SESUAI	SESUAI	0.96595	0.0018858
13	100.347	3.9877	17	SESUAI	SESUAI	0.12041	0.0001512
14	100.741	3.97252	15	SESUAI	SESUAI	0.54914	0.0007553
15	100.953	3.93966	19	SESUAI	SESUAI	0.9084	0.0036408
16	100.712	3.95358	17	SESUAI	SESUAI	0.50708	0.0021551
17	100.752	3.95704	16	SESUAI	SESUAI	0.56596	0.0018452
18	100.746	3.95162	15	SESUAI	SESUAI	0.5564	0.0023405
19	100.964	3.9419	18	SESUAI	SESUAI	0.9292	0.003376
20	100.912	3.94201	16	SESUAI	SESUAI	0.83218	0.0033632
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	100.71	3.97485	14	SESUAI	SESUAI	0.50435	0.0006325
998	100.659	3.9649	17	SESUAI	SESUAI	0.43401	0.001232
999	100.784	3.96189	15	SESUAI	SESUAI	0.61457	0.001452
1000	100.832	3.96115	17	SESUAI	SESUAI	0.69253	0.0015092
					MSE	**0.4389577**	**0.0014772**

Lampiran 19. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 6 (α = 1000 dan β = 0,9) dengan Metode PLDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1646.42	0.7869	17	TIDAK SESUAI	SESUAI	417858.82	0.0127916
2	1944.27	0.5756	14	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	891645.83	0.1052354
3	1388.76	0.9576	17	SESUAI	SESUAI	151134.34	0.0033178
4	972.228	1.5504	14	SESUAI	SESUAI	771.28398	0.4230202
5	1325.09	0.9815	18	SESUAI	SESUAI	105683.51	0.0066423
6	1526.02	0.8776	17	SESUAI	SESUAI	276697.04	0.0005018
7	1693.63	0.8109	19	TIDAK SESUAI	SESUAI	481122.58	0.0079388
8	1150.02	1.0679	19	SESUAI	SESUAI	22506	0.0281904
9	1149.92	1.0711	17	SESUAI	SESUAI	22476.006	0.0292752
10	1131.65	1.0627	16	SESUAI	SESUAI	17331.723	0.0264713
11	1143.43	1.1411	15	SESUAI	SESUAI	20572.165	0.0581292
12	1290.97	0.9924	14	SESUAI	SESUAI	84663.541	0.0085378
13	1328.28	0.8904	17	SESUAI	SESUAI	107767.76	9.216E-05
14	1220.73	1.1661	15	SESUAI	SESUAI	48721.733	0.0708092
15	1250.91	1.01	16	SESUAI	SESUAI	62955.828	0.0121
16	1736.89	0.7431	15	TIDAK SESUAI	SESUAI	543006.87	0.0246176
17	969.429	1.4225	16	SESUAI	SESUAI	934.58604	0.2730063
18	1068.17	1.2113	17	SESUAI	SESUAI	4647.1489	0.0969077
19	1513.9	0.8419	16	SESUAI	SESUAI	264093.21	0.0033756
20	1275.78	0.9976	17	SESUAI	SESUAI	76054.608	0.0095258
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	1030.57	1.3228	14	SESUAI	SESUAI	934.5249	0.1787598
998	1396.91	0.9811	15	SESUAI	SESUAI	157537.55	0.0065772
999	1486.15	0.8489	17	SESUAI	SESUAI	236341.82	0.0026112
1000	1195.33	1.041	15	SESUAI	SESUAI	38153.809	0.019881
					MSE	**59386.246**	**0.1226473**

Lampiran 20. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 6 (α = 1000 dan β = 0,9) dengan Metode AIFR

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1044.85	0.78419	16	SESUAI	SESUAI	2011.73	0.0134
2	1007.47	0.79621	18	SESUAI	SESUAI	55.7964	0.0108
3	788.051	1.76634	13	SESUAI	TIDAK SESUAI	44922.2	0.7505
4	928.951	1.01675	15	SESUAI	SESUAI	5047.9	0.0136
5	915.624	0.8337	18	SESUAI	SESUAI	7119.36	0.0044
6	788.881	1.10874	16	SESUAI	SESUAI	44571.2	0.0436
7	1664.96	0.64172	15	TIDAK SESUAI	SESUAI	442171	0.0667
8	935.019	1.03627	16	SESUAI	SESUAI	4222.49	0.0186
9	735.773	1.51124	14	SESUAI	TIDAK SESUAI	69815.7	0.3736
10	836.067	1.28225	14	SESUAI	SESUAI	26874.1	0.1461
11	1171.82	0.75267	18	SESUAI	SESUAI	29523.6	0.0217
12	996.465	0.97179	15	SESUAI	SESUAI	12.4964	0.0052
13	893.111	0.86017	19	SESUAI	SESUAI	11425.2	0.0016
14	702.963	1.73338	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	88231.1	0.6945
15	1288.17	0.64329	19	SESUAI	SESUAI	83039.7	0.0659
16	763.255	1.54844	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	56048.2	0.4205
17	788.676	1.26328	15	SESUAI	SESUAI	44657.8	0.132
18	756.539	1.45102	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	59273	0.3036
19	779.16	1.83369	14	SESUAI	TIDAK SESUAI	48770.1	0.8718
20	754.849	1.68788	14	SESUAI	TIDAK SESUAI	60099	0.6208
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
998	799	0.95577	16	SESUAI	SESUAI	40267.7	0.00311
999	1476.47	0.47977	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	227021	0.1766
1000	963	1.00648	16	SESUAI	SESUAI	1388.35	0.01134
					MSE	**138625.05**	**0.1751594**

Lampiran 21. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 6 (α = 1000 dan β = 0,9) dengan Metode SUDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	999.28	0.900225	16	SESUAI	SESUAI	0.52	0.0000001
2	1013.31	0.896611	16	SESUAI	SESUAI	177.22	0.0000115
3	1012.78	0.897252	15	SESUAI	SESUAI	163.31	0.0000076
4	972.34	0.909774	16	SESUAI	SESUAI	765.01	0.0000955
5	990.45	0.904658	15	SESUAI	SESUAI	91.11	0.0000217
6	1002.17	0.899452	16	SESUAI	SESUAI	4.7	0.0000003
7	990.29	0.903419	19	SESUAI	SESUAI	94.37	0.0000117
8	987.45	0.903894	16	SESUAI	SESUAI	157.51	0.0000152
9	1000.29	0.901704	16	SESUAI	SESUAI	0.09	0.0000029
10	989.5	0.903519	16	SESUAI	SESUAI	110.17	0.0000124
11	1004.29	0.902682	14	SESUAI	SESUAI	18.44	0.0000072
12	990.24	0.903475	14	SESUAI	SESUAI	95.26	0.0000121
13	1005.12	0.898843	19	SESUAI	SESUAI	26.25	0.0000013
14	1005.98	0.898166	14	SESUAI	SESUAI	35.8	0.0000034
15	1005.84	0.89815	14	SESUAI	SESUAI	34.15	0.0000034
16	1004.42	0.898436	15	SESUAI	SESUAI	19.52	0.0000024
17	978.23	0.90306	15	SESUAI	SESUAI	474.12	0.0000094
18	1008.03	0.897889	17	SESUAI	SESUAI	64.49	0.0000045
19	1003.35	0.898492	15	SESUAI	SESUAI	11.21	0.0000023
20	1004.31	0.898737	20	SESUAI	SESUAI	18.54	0.0000016
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	1011.11	0.897738	17	SESUAI	SESUAI	123.37	0.0000051
998	1006.99	0.897996	20	SESUAI	SESUAI	48.86	0.000004
999	1005.7	0.897595	15	SESUAI	SESUAI	32.5	0.0000058
1000	1005.32	0.897904	14	SESUAI	SESUAI	28.31	0.0000044
					MSE	**80.23217**	**4.171E-06**

Lampiran 22. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 7 (α = 1000 dan β = 1) dengan Metode PLDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1209.42	1.0098	14	SESUAI	SESUAI	43856.736	9.604E-05
2	1251.59	1.0127	16	SESUAI	SESUAI	63297.528	0.0001613
3	1481.9	0.8544	17	SESUAI	SESUAI	232227.61	0.0211994
4	1605.42	0.7047	17	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	366533.38	0.0872021
5	1012.95	1.5266	14	SESUAI	SESUAI	167.7025	0.2773076
6	1654.92	0.6376	16	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	428920.21	0.1313338
7	1175.87	1.0569	19	SESUAI	SESUAI	30930.257	0.0032376
8	1330.21	0.9839	17	SESUAI	SESUAI	109038.64	0.0002592
9	1107.8	1.4402	13	SESUAI	SESUAI	11620.84	0.193776
10	1581	0.6999	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	337561	0.09006
11	1297.85	1.0465	17	SESUAI	SESUAI	88714.622	0.0021623
12	1986.66	0.6086	15	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	973497.96	0.153194
13	1395.47	0.8467	15	SESUAI	SESUAI	156396.52	0.0235009
14	1186.98	0.9997	18	SESUAI	SESUAI	34961.52	9E-08
15	909.146	1.9383	13	SESUAI	SESUAI	8254.4493	0.8804069
16	1626.28	0.7572	19	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	392226.64	0.0589518
17	1778.14	0.5899	19	TIDAK SESUAI	TIDAK SESUAI	605501.86	0.168182
18	1102.46	1.1128	20	SESUAI	SESUAI	10498.052	0.0127238
19	994	1.3889	15	SESUAI	SESUAI	36	0.1512432
20	1043.83	1.2671	17	SESUAI	SESUAI	1921.0689	0.0713424
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
998	1371.78	0.791	15	SESUAI	SESUAI	138220.37	0.043681
999	1391.16	1.1359	16	SESUAI	SESUAI	153006.15	0.0184688
1000	1240.7	0.9968	19	SESUAI	SESUAI	57936.49	1.024E-05
					MSE	**64680.03888**	**0.1036536**

Lampiran 23. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 7 (α = 1000 dan β = 1) dengan Metode AIFR

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1378.46	0.7869	16	SESUAI	SESUAI	143234	0.04542
2	1069.47	0.9432	15	SESUAI	SESUAI	4825.4	0.00323
3	1554.87	0.7452	15	SESUAI	SESUAI	307879	0.06495
4	957.749	0.9949	13	SESUAI	SESUAI	1785.14	0.00003
5	1133.74	0.914	17	SESUAI	SESUAI	17887.2	0.0074
6	872.533	1.4563	16	SESUAI	SESUAI	16247.9	0.20821
7	723.273	1.6905	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	76578	0.47674
8	1395.62	0.7293	18	SESUAI	SESUAI	156518	0.07326
9	1312.32	0.7072	20	SESUAI	SESUAI	97544.1	0.08572
10	1303.25	0.807	17	SESUAI	SESUAI	91960.2	0.03725
11	1069.66	0.9139	15	SESUAI	SESUAI	4852.65	0.00742
12	1076.67	0.9555	15	SESUAI	SESUAI	5878.82	0.00198
13	1661.82	0.6773	15	TIDAK SESUAI	SESUAI	438004	0.10417
14	1475.19	0.6692	15	SESUAI	SESUAI	225802	0.10944
15	904.889	0.9737	14	SESUAI	SESUAI	9046.07	0.0007
16	1160.17	0.8788	18	SESUAI	SESUAI	25653.5	0.01469
17	1213.14	0.8611	15	SESUAI	SESUAI	45428.3	0.01928
18	951.168	1.1974	13	SESUAI	SESUAI	2384.52	0.03898
19	1290.1	0.7835	18	SESUAI	SESUAI	84159.8	0.04687
20	1342.75	0.6341	15	SESUAI	SESUAI	117480	0.13386
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	997.409	1.106	16	SESUAI	SESUAI	6.71241	0.01124
998	1175.03	0.9062	19	SESUAI	SESUAI	30634.2	0.00881
999	1031.43	1.1731	18	SESUAI	SESUAI	987.561	0.02996
1000	1082.56	0.6464	16	SESUAI	SESUAI	6815.61	0.12504
					MSE	**195924.41**	**0.23679159**

Lampiran 24. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 7 (α = 1000 dan β = 1) dengan Metode SUDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	998.13	1.0008	18	SESUAI	SESUAI	3.4976	0.0000006
2	999.18	1.0005	15	SESUAI	SESUAI	0.6688	0.0000003
3	1000.25	1.0003	15	SESUAI	SESUAI	0.0644	0.0000001
4	1001.6	1.0001	14	SESUAI	SESUAI	2.5697	0
5	1000.98	1.0001	16	SESUAI	SESUAI	0.9631	0
6	1000.51	1.0001	16	SESUAI	SESUAI	0.2649	0
7	1000.08	1.0001	15	SESUAI	SESUAI	0.0058	0
8	1001.34	0.9999	16	SESUAI	SESUAI	1.8	0
9	1001.48	0.9996	19	SESUAI	SESUAI	2.2045	0.0000001
10	1001.06	0.9995	15	SESUAI	SESUAI	1.1315	0.0000002
11	1000.81	0.9997	16	SESUAI	SESUAI	0.6559	0.0000001
12	1001.09	0.9997	13	SESUAI	SESUAI	1.1838	0.0000001
13	1001.48	0.9995	16	SESUAI	SESUAI	2.201	0.0000003
14	997.73	1.0003	16	SESUAI	SESUAI	5.1685	0.0000001
15	1002.1	0.9994	17	SESUAI	SESUAI	4.4295	0.0000003
16	1000.69	0.9996	17	SESUAI	SESUAI	0.4757	0.0000002
17	1000.69	0.9998	18	SESUAI	SESUAI	0.4805	0.0000001
18	1001.77	0.9995	18	SESUAI	SESUAI	3.1195	0.0000002
19	999.16	0.9999	16	SESUAI	SESUAI	0.6995	0
20	999.74	0.9999	15	SESUAI	SESUAI	0.0656	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	997.67	1.0001	15	SESUAI	SESUAI	5.4226	0
998	1000.21	1.0004	14	SESUAI	SESUAI	0.0426	0.0000001
999	1000.44	1	15	SESUAI	SESUAI	0.1958	0
1000	998.1	1.0003	19	SESUAI	SESUAI	3.6145	0.0000001
					MSE	**2.6970679**	**2.06E-07**

Lampiran 25. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 8 (α = 1000 dan β = 2) dengan Metode PLDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1131.98	1.7289	15	SESUAI	SESUAI	17417.7	0.073
2	1117.28	1.7746	15	SESUAI	SESUAI	13753.9	0.051
3	1134.62	1.7334	17	SESUAI	SESUAI	18123.1	0.071
4	902.77	3.4749	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	9453.4	2.175
5	1109.83	1.8	17	SESUAI	SESUAI	12062.8	0.04
6	1108.37	1.7998	17	SESUAI	SESUAI	11743.2	0.04
7	920.68	3.9082	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	6290.9	3.641
8	954.16	2.9027	16	SESUAI	SESUAI	2101.6	0.815
9	873.86	5.141	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	15910.1	9.866
10	1140.18	1.7325	18	SESUAI	SESUAI	19651.2	0.072
11	1136.9	1.7309	20	SESUAI	SESUAI	18741.4	0.072
12	1103.36	1.8034	17	SESUAI	SESUAI	10683.4	0.039
13	960.77	3.6445	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	1539.1	2.704
14	986.05	2.7019	19	SESUAI	SESUAI	194.6	0.493
15	860.44	5.3662	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	19475.8	11.331
16	1103.36	1.8106	18	SESUAI	SESUAI	10683.9	0.036
17	965.41	3.7414	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	1196.6	3.032
18	1146.96	1.7194	21	SESUAI	SESUAI	21596	0.079
19	987.01	2.9992	17	SESUAI	SESUAI	168.7	0.998
20	1051.42	2.3169	20	SESUAI	SESUAI	2644.1	0.1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
998	954.19	3.4444	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	2098.6	2.0863
999	949.46	3.1254	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	2554.2	1.2665
1000	925.33	4.2972	17	SESUAI	TIDAK SESUAI	5576.3	5.2771
					MSE	**8119.5862**	**3.7858693**

Lampiran 26. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 8 (α = 1000 dan β = 2) dengan Metode AIFR

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1280.77	1.5806	17	SESUAI	SESUAI	78829.6	0.176
2	1091.26	1.756	16	SESUAI	SESUAI	8328	0.06
3	1081.31	1.7811	16	SESUAI	SESUAI	6611.7	0.048
4	1017.21	1.9352	18	SESUAI	SESUAI	296.3	0.004
5	1222.44	1.6377	17	SESUAI	SESUAI	49479	0.131
6	1061.34	1.8681	16	SESUAI	SESUAI	3762	0.017
7	992.65	2.0094	18	SESUAI	SESUAI	54	0
8	1035.7	1.8834	18	SESUAI	SESUAI	1275	0.014
9	1086.89	1.7804	17	SESUAI	SESUAI	7550	0.048
10	975.61	2.099	16	SESUAI	SESUAI	595	0.01
11	1161.86	1.7341	17	SESUAI	SESUAI	26199	0.071
12	1071.43	1.8279	15	SESUAI	SESUAI	5102	0.03
13	1133.43	1.7268	14	SESUAI	SESUAI	17802	0.075
14	1121.85	1.8276	18	SESUAI	SESUAI	14846.3	0.03
15	1137.86	1.7205	18	SESUAI	SESUAI	19005.9	0.078
16	1041.99	1.7944	18	SESUAI	SESUAI	1763	0.042
17	1087.99	1.7532	16	SESUAI	SESUAI	7742	0.061
18	990.44	1.9638	15	SESUAI	SESUAI	91	0.001
19	1048.21	1.8668	16	SESUAI	SESUAI	2324	0.018
20	1119.84	1.7792	15	SESUAI	SESUAI	14361	0.049
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	1113.17	1.6622	16	SESUAI	SESUAI	12808	0.114
998	1119.5	1.7576	16	SESUAI	SESUAI	14279	0.059
999	1132.81	1.7071	18	SESUAI	SESUAI	17637	0.086
1000	995.56	2.0018	19	SESUAI	SESUAI	20	0
					MSE	**9276.3175**	**1.434007**

Lampiran 27. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 8 (α = 1000 dan β = 2) dengan Metode SUDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1008.83	1.9903	20	SESUAI	SESUAI	77.91	0.0000943
2	1021	1.9804	15	SESUAI	SESUAI	441.04	0.0003833
3	1007.82	1.9891	15	SESUAI	SESUAI	61.16	0.0001187
4	1003.05	1.9933	16	SESUAI	SESUAI	9.31	0.0000446
5	1003.35	1.9924	16	SESUAI	SESUAI	11.2	0.0000572
6	1004.91	1.9919	16	SESUAI	SESUAI	24.14	0.000065
7	1013.86	1.9828	17	SESUAI	SESUAI	192.06	0.0002961
8	1015.42	1.9816	17	SESUAI	SESUAI	237.84	0.0003381
9	1010.52	1.9857	20	SESUAI	SESUAI	110.64	0.0002052
10	1019.04	1.9752	18	SESUAI	SESUAI	362.58	0.000617
11	1011.93	1.979	15	SESUAI	SESUAI	142.36	0.0004427
12	1033.54	1.9629	16	SESUAI	SESUAI	1124.7	0.0013736
13	1024.66	1.9688	18	SESUAI	SESUAI	608.2	0.0009736
14	1008.4	1.9904	20	SESUAI	SESUAI	70.59	0.0000923
15	1009.93	1.9889	14	SESUAI	SESUAI	98.52	0.0001227
16	1007.16	1.9899	16	SESUAI	SESUAI	51.25	0.0001028
17	1009.65	1.9883	18	SESUAI	SESUAI	93.19	0.0001359
18	1012.2	1.9855	16	SESUAI	SESUAI	148.94	0.0002111
19	1025.32	1.9773	15	SESUAI	SESUAI	641.32	0.0005166
20	1004.26	1.9915	17	SESUAI	SESUAI	18.16	0.0000724
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	1022.99	1.9747	16	SESUAI	SESUAI	528.35	0.0006398
998	1016.75	1.9734	19	SESUAI	SESUAI	280.41	0.0007064
999	1013.06	1.9795	19	SESUAI	SESUAI	170.68	0.0004187
1000	1018.84	1.9747	16	SESUAI	SESUAI	354.84	0.000638
					MSE	**341.56544**	**0.000729381**

Lampiran 28. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 9 (α = 1000 dan β = 3) dengan Metode PLDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1235.67	2.0262	15	SESUAI	SESUAI	55538.5	0.9483
2	1229.45	2.0852	16	SESUAI	SESUAI	52647.3	0.8369
3	1149.22	2.6096	15	SESUAI	SESUAI	22266.4	0.1524
4	1179.29	2.31	16	SESUAI	SESUAI	32144.8	0.4761
5	1229.38	2.1043	17	SESUAI	SESUAI	52614.1	0.8023
6	1114.79	2.8049	16	SESUAI	SESUAI	13176.3	0.0381
7	1005.23	4.3389	14	SESUAI	SESUAI	27.3	1.7927
8	1139.94	2.7084	16	SESUAI	SESUAI	19581.8	0.085
9	1058.91	3.7852	14	SESUAI	SESUAI	3470.4	0.6165
10	954.22	5.2378	13	SESUAI	TIDAK SESUAI	2095.9	5.0077
11	1197.69	2.2231	18	SESUAI	SESUAI	39082.4	0.6036
12	1083.21	3.0571	16	SESUAI	SESUAI	6924.2	0.0033
13	1191.18	2.3903	17	SESUAI	SESUAI	36549.9	0.3717
14	1148.02	2.5854	17	SESUAI	SESUAI	21911.1	0.1719
15	1165.58	2.3647	16	SESUAI	SESUAI	27415.5	0.4036
16	1207.1	2.2307	18	SESUAI	SESUAI	42891.5	0.5918
17	1016.25	4.8775	15	SESUAI	SESUAI	264.1	3.525
18	1005.57	3.6883	16	SESUAI	SESUAI	31	0.4738
19	1124.67	2.9039	17	SESUAI	SESUAI	15543.5	0.0092
20	1222.9	2.1094	18	SESUAI	SESUAI	49682.3	0.7932
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	1203.08	2.3955	18	SESUAI	SESUAI	41240.8	0.3654
998	1062.21	3.668	16	SESUAI	SESUAI	3869.5	0.4462
999	976.45	5.5987	17	SESUAI	TIDAK SESUAI	554	6.7532
1000	1031.41	4.4073	17	SESUAI	SESUAI	986	1.9805
					MSE	**5639.3623**	**2.2399831**

Lampiran 29. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 9 (α= 1000 dan β= 3) dengan Metode AIFR

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1152.29	2.2343	17	SESUAI	SESUAI	23191	0.586
2	1102.5	2.5452	18	SESUAI	SESUAI	10507	0.207
3	1082.51	2.635	19	SESUAI	SESUAI	6808	0.133
4	1142.26	2.3367	20	SESUAI	SESUAI	20238	0.44
5	1076.32	2.903	19	SESUAI	SESUAI	5825.4	0.009
6	964.19	4.4418	18	SESUAI	SESUAI	1282.2	2.079
7	1005.11	4.9694	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	26.2	3.879
8	1007.72	4.2123	17	SESUAI	SESUAI	59.6	1.47
9	976.2	4.6147	17	SESUAI	SESUAI	566.4	2.607
10	1042.21	3.0761	19	SESUAI	SESUAI	1781.8	0.006
11	977.89	4.3869	18	SESUAI	SESUAI	488.9	1.924
12	1065.3	3.063	19	SESUAI	SESUAI	4264.3	0.004
13	1063.2	3.6733	18	SESUAI	SESUAI	3994	0.453
14	1015.8	4.3078	17	SESUAI	SESUAI	250	1.71
15	981.4	4.1744	18	SESUAI	SESUAI	346	1.379
16	1030.32	4.0253	18	SESUAI	SESUAI	919.1	1.051
17	1027.58	4.5569	17	SESUAI	SESUAI	760.7	2.424
18	991.64	4.4946	17	SESUAI	SESUAI	70	2.234
19	990.88	4.526	18	SESUAI	SESUAI	83.1	2.329
20	1132.41	2.3643	20	SESUAI	SESUAI	17532.8	0.404
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	991.63	3.8706	17	SESUAI	SESUAI	70.1	0.7579
998	1028.76	3.8891	17	SESUAI	SESUAI	827	0.7905
999	909.67	5.054	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	8159.8	4.219
1000	1040.03	3.8003	17	SESUAI	SESUAI	1602.1	0.6405
					MSE	**3379.4362**	**2.807274**

Lampiran 30. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 9 (α = 1000 dan β = 3) dengan Metode SUDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1001.68	2.9958	16	SESUAI	SESUAI	2.824	0.0000176
2	1020.82	2.9254	17	SESUAI	SESUAI	433.597	0.00557
3	1010.62	2.9513	15	SESUAI	SESUAI	112.801	0.002369
4	1018.59	2.9272	16	SESUAI	SESUAI	345.535	0.0052969
5	1010.77	2.9548	16	SESUAI	SESUAI	116.057	0.0020419
6	1012.26	2.9542	15	SESUAI	SESUAI	150.408	0.0020955
7	1015.55	2.9418	17	SESUAI	SESUAI	241.933	0.0033854
8	1008.84	2.9676	15	SESUAI	SESUAI	78.131	0.0010521
9	1012.58	2.9561	18	SESUAI	SESUAI	158.369	0.00193
10	1004.98	2.9828	17	SESUAI	SESUAI	24.774	0.0002957
11	1009.81	2.9701	16	SESUAI	SESUAI	96.228	0.0008938
12	1006.53	2.9759	15	SESUAI	SESUAI	42.587	0.0005795
13	1010.44	2.9693	15	SESUAI	SESUAI	108.899	0.0009443
14	1007.86	2.9732	15	SESUAI	SESUAI	61.789	0.0007204
15	1012.94	2.9555	17	SESUAI	SESUAI	167.455	0.0019822
16	1014.26	2.9525	13	SESUAI	SESUAI	203.321	0.0022552
17	1005.34	2.9808	17	SESUAI	SESUAI	28.493	0.0003687
18	1008.94	2.9766	15	SESUAI	SESUAI	79.836	0.0005472
19	1016.77	2.9593	15	SESUAI	SESUAI	281.109	0.0016609
20	1011.03	2.9688	14	SESUAI	SESUAI	121.599	0.0009753
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	1010.04	2.9691	17	SESUAI	SESUAI	100.703	0.0009569
998	1010.38	2.9682	16	SESUAI	SESUAI	107.745	0.0010109
999	1006.52	2.9722	16	SESUAI	SESUAI	42.495	0.0007751
1000	1007.81	2.9757	16	SESUAI	SESUAI	60.985	0.0005915
					MSE	**119.819741**	**0.001158539**

Lampiran 31. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 10 (α = 1000 dan β = 4) dengan Metode PLDF

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1185.37	2.8432	15	SESUAI	SESUAI	34361.7	1.338
2	1168.48	2.8538	15	SESUAI	SESUAI	28386.9	1.314
3	1152.63	3.0285	16	SESUAI	SESUAI	23297.1	0.944
4	1135.37	3.1239	16	SESUAI	SESUAI	18324.5	0.768
5	1170.6	2.8611	16	SESUAI	SESUAI	29105.4	1.297
6	1290.03	2.2092	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	84119.7	3.207
7	1458.56	1.5865	14	SESUAI	TIDAK SESUAI	210277	5.825
8	1132.42	3.1908	16	SESUAI	SESUAI	17535.8	0.655
9	1089.43	3.7156	14	SESUAI	SESUAI	7997.92	0.081
10	1172.76	2.8573	16	SESUAI	SESUAI	29845.8	1.306
11	1116.57	3.2785	17	SESUAI	SESUAI	13588.8	0.521
12	1177.23	2.9175	18	SESUAI	SESUAI	31409.7	1.172
13	1132.39	3.1758	16	SESUAI	SESUAI	17528.4	0.679
14	1573.99	1.3997	15	SESUAI	TIDAK SESUAI	329467	6.762
15	1473.35	1.5025	17	SESUAI	TIDAK SESUAI	224060	6.238
16	1119.39	3.339	15	SESUAI	SESUAI	14254.4	0.437
17	1212.76	2.593	16	SESUAI	SESUAI	45268.8	1.98
18	1153.47	3.0295	18	SESUAI	SESUAI	23551.6	0.942
19	1187.35	2.7318	16	SESUAI	SESUAI	35098.6	1.608
20	1208.25	2.6029	17	SESUAI	SESUAI	43369.1	1.952
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
998	1194.09	2.734	17	SESUAI	SESUAI	37670	1.603
999	1229.57	2.4768	17	SESUAI	TIDAK SESUAI	52701	2.32
1000	1293.21	2.1172	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	85972	3.545
					MSE	**90959.05235**	**2.6063483**

Lampiran 32. Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 10 (α= 1000 dan β= 4) dengan Metode AIFR

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1117.2	3.023	15	SESUAI	SESUAI	13736.8	0.955
2	1139.84	3.0291	17	SESUAI	SESUAI	19554.9	0.943
3	1158.74	2.8349	16	SESUAI	SESUAI	25197.3	1.357
4	1240.71	2.0534	14	SESUAI	TIDAK SESUAI	57940.7	3.789
5	1108.1	3.2118	18	SESUAI	SESUAI	11685.4	0.621
6	1087.11	3.3801	16	SESUAI	SESUAI	7588.87	0.384
7	1349.83	1.7891	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	122382	4.888
8	1244.72	2.2115	17	SESUAI	TIDAK SESUAI	59888.7	3.199
9	1159.73	2.7164	18	SESUAI	SESUAI	25514.7	1.648
10	1229.44	2.1113	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	52643.2	3.567
11	1141.92	2.898	18	SESUAI	SESUAI	20140.2	1.214
12	1142.37	2.8787	18	SESUAI	SESUAI	20267.9	1.257
13	1113.7	3.1554	16	SESUAI	SESUAI	12928.6	0.713
14	1154.64	2.7134	17	SESUAI	SESUAI	23913.6	1.655
15	1089.12	3.3571	15	SESUAI	SESUAI	7941.72	0.413
16	1115.67	3.1207	19	SESUAI	SESUAI	13379.5	0.773
17	1000.2	5.1166	16	SESUAI	SESUAI	0.0408554	1.247
18	1171.23	2.7634	18	SESUAI	SESUAI	29320.5	1.529
19	1225.1	2.1924	16	SESUAI	TIDAK SESUAI	50671.9	3.267
20	1049.17	4.3406	14	SESUAI	SESUAI	2417.41	0.116
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	1054	3.9577	16	SESUAI	SESUAI	2929.55	0.002
998	1090	3.9605	19	SESUAI	SESUAI	8115.19	0.002
999	1262	2.0278	18	SESUAI	TIDAK SESUAI	68641.1	3.89
1000	997	5.2443	15	SESUAI	SESUAI	7.32599	1.548
					MSE	**12340.27906**	**1.197555**

Lampiran 33. **Hasil Simulasi Spesifikasi Data Penelitian 10 (α = 1000 dan β = 4) dengan Metode SUDF**

Iterasi	α	β	Sample Size	Test α	Test β	*Square Error* α	*Square Error* β
1	1010.02	3.9336	18	SESUAI	SESUAI	100.324	0.0044082
2	1005.47	3.9638	14	SESUAI	SESUAI	29.899	0.0013088
3	1004.35	3.9707	16	SESUAI	SESUAI	18.925	0.0008613
4	1003.14	3.9757	16	SESUAI	SESUAI	9.849	0.0005891
5	1005.41	3.9706	14	SESUAI	SESUAI	29.322	0.0008641
6	1005.22	3.9684	15	SESUAI	SESUAI	27.274	0.0010017
7	1009.1	3.9519	15	SESUAI	SESUAI	82.837	0.0023118
8	1002.8	3.9807	17	SESUAI	SESUAI	7.839	0.0003724
9	1005.63	3.9713	19	SESUAI	SESUAI	31.645	0.0008216
10	1007.06	3.9632	14	SESUAI	SESUAI	49.894	0.0013524
11	1002.97	3.9816	17	SESUAI	SESUAI	8.84	0.00034
12	1003.39	3.9805	18	SESUAI	SESUAI	11.504	0.0003803
13	1005.62	3.9762	13	SESUAI	SESUAI	31.567	0.0005684
14	1007.6	3.9669	16	SESUAI	SESUAI	57.816	0.0010982
15	1004.2	3.9762	18	SESUAI	SESUAI	17.655	0.0005665
16	1003.41	3.9826	19	SESUAI	SESUAI	11.632	0.0003015
17	1008.28	3.962	15	SESUAI	SESUAI	68.626	0.0014463
18	1005.36	3.9758	15	SESUAI	SESUAI	28.77	0.0005876
19	1006.88	3.964	17	SESUAI	SESUAI	47.326	0.0012931
20	1002.73	3.9837	16	SESUAI	SESUAI	7.456	0.0002666
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
997	1006.87	3.9646	17	SESUAI	SESUAI	47.229	0.0012527
998	1009.25	3.9608	16	SESUAI	SESUAI	85.515	0.0015389
999	1008.59	3.9613	16	SESUAI	SESUAI	73.728	0.0014964
1000	1007.39	3.9586	15	SESUAI	SESUAI	54.542	0.0017163
					MSE	**36.86033**	**0.00093434**