ANALISIS MENGUJI UMUR SUATU SAMPEL BERDISTRIBUSI WEIBULL

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana statistika



Disusun oleh :

Nama : SUWARTI
No. Mhs : 99611047

JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2003

TUGAS AKHIR

ANALISIS MENGUJI UMUR SUATU SAMPEL DISTRIBUSI WEIBULL

Yang Diajukan Oleh:

Nama : SUWARTI

No. Mahasiswa : 99611047

Telah diuji dan dipertahankan dihadapan Panitia Penguji skripsi Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Dosen Penguji:

1. Drs. Supriyono, M.Sc .....
2. **Jaka Nugraha, M. Si** .....
3. Kariyam, M. Si .....
4. **Rohmatul Fajriyah, M. Si** .....

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

(Jaka Nugraha, M.Si)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
FMIPA

Skripsi ini telah disetujui dan diterima dengan baik oleh Dosen Pembimbing Skripsi dan siap untuk diuji.

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Drs. Supriyono, M.Sc)	(Rohmatul Fajriyah, M.Si)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skipsi ini kupersembahkan kepada :

- *Bapak dan ibu Sunardi yang selalu memberikan do'a, kasih sayang dan kesabarannya.*
- *My sister : Mbak Hartini, mbak Trie, yang selalu memberikan do'a dan motivasinya*
- *Kakak-kakakku : Mas Gi' dan mas Rene*
- *Mas Adjie, yang selalu memberikan semangat , kasih sayang, motivasi dan do'a*
- *Keponakanku yang imut dan lucu Mbak " Anggie "*
- *Teman-teman : Erni yang baik hati, Neneng, Isrok (si raja nggender), Novi Irawan yang jaim, Lulu yang centil, mbak Yanti, Trie TI, Lufdi dan Refi, serta keluarga besar anak kost Dayu. Terima kasih atas semua bantuannya*
- *Almamater dan semua sahabat-sahabatku*

HALAMAN MOTTO

- *Do'a adalah nyanyian hati yang selalu dapat membuka jalan terbang kepada singgasana,*

  Tuhan meskipun terhimpit di dalam tangisan seribu jiwa,

  akal dan belajar itu seperti jiwa dan raga,

  Tanpa raga, jiwa hanyalah udara hampa,

  Tanpa jiwa, raga adalah kerangka tanpa makna

  (Kahlil Gibran)

- *" Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan. Karena itu apabila selesai suatu tugas, mulailah tugas yang lain dengan sungguh-sungguh ".*

  (QS. Asy-Syarh : 6-7)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
FMIPA

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING.....i
HALAMAN PENGESAHAAN.....ii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....iii
DAFTAR ISI.....iv
KATA PENGANTAR.....v
ABSTRAKSI.....vi

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang.....1
1.2 Rumusan Masalah.....2
1.3 BatasanMasalah.....2
1.4 Tujuan Penelitian.....2
1.5 Manfaat Penelitian.....2
1.6 Metodologi Penelitian.....3
1.7 Sistematika Penelitian.....4

BAB II LANDASAN TEORI
2.1 Pendahuluan.....6
2.2 Konsep Dasar Reliabilitas.....8
2.3 Distribusi Weibull.....10
2.3.1 Mean Distribusi Weibull.....10
2.3.2 Variansi Distribusi Weibull.....12
2.4 Sensor dan Tipe-tipe Sensor.....13
2.5 Estimasi Maksimum Likelihood.....14
2.6 Uji Anderson-Darling.....15

BAB III ANALISIS PENGUJIAN UMUR SAMPEL LENGKAP DISTRIBUSI WEIBULL
3.1 Estimasi Parameter.....16
3.1.1 Sampel Lengkap.....16
3.1.2 Sampel Tersensor Tipe I.....18
3.1.3 Sampel Tersensor Tipe II.....20
3.2 Fungsi Reliabilitas Distribusi Weibull.....23
3.3 Fungsi Kegagalan Distribusi Weibull.....25

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN
4.1 Pendahuluan.....27
4.2 Data.....28
4.3 Estimasi Parameter Data.....30
4.4 Analisis Reliabilitas dengan Distribusi Weibull.....30

4.4.1 Pengolahan Data pada Minitab Release 13.20
4.4.1.1 Langkah-langkah mencari nilai probabilitas kumulatif ..30
4.4.1.2 Langkah langkah mencari nilai densitas probabilitas 31
4.4.1.3 Langkah-langkah mencari nilai reliabilitas 32
4.4.1.4 Langkah-langkah mencari nilai kegagalan 32
4.4.1.5 Langkah-langkah mencari nilai mean kegagalan 33
4.4.1.6 Hasil dan Analisis 34
4.4.2 Pengolahan Data Pada Minitab Release 13.20 dengan Menggunakan Menu Default
4.4.2.1 Distribution ID plot-Right Censor 35
4.4.2.2 Distribution Overview plot- Right Censor..... 36
4.4.2.3 Parametric Distribution Analisis-Right Censor 36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan.....41
5.2 Saran.....42

DAFTAR PUSTAKA.....43
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....

KATA PENGANTAR

Bismillaahhirrahmanirrahiim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua umumnya dan kepada penyusun khususnya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Sholawat dan salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad Saw beserta para keluarganya.

Laporan ini merupakan suatu hasil yang nyata dari apa yang penyusun lakukan selama mengadakan penelitian. Kemudian Laporan Tugas Akhir ini diberi judul " **Analisis Menguji Umur Suatu Sampel Berdistribusi Weibull".**

Penyusun sadar sepenuhnya bahwa dalam melaksanakan penelitian ini, penyusun tidak bekarja sendiri, tetapi mendapat bantuan yang sangat banyak dari berbagai pihak. Untuk itu penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Jaka Nugraha, M.Si. sebagai Dekan fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Drs. Supriyono, M.Sc. sebagai Dosen Pembimbing pertama.
3. Ibu Rohmatul Fajriyah, M.Si. sebagai Dosan Pembimbing kedua.
4. Semua Dosen Jurusan Statistika Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia.
5. Teman-teman di Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia.
6. Serta semua pihak yang tidak dapat penyususn sebutkan satu-persatu

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN

Semoga Allah SWT menganugrahkan balasan yang lebih baik kepada segenap pihak yang telah membantu penyusun menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penyusun mohon maaf apabila ada kekurangan maupun kesalahan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Kemudian seluruh kritik dan saran dari manapun juga datangnya akan penyusun terima dengan senang hati, dan penyusun berharap agar hasil dari Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Aamien.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, September 2003

Penyusun

ABSTRAKSI

Uji hidup adalah suatu penyelidikan tentang tahan hidup suatu unit atau komponen pada keadaan operasional tertentu, dan analisis reliabilitas adalah suatu uji hidup untuk mengetahui peluang suatu unit atau komponen akan bertahan hidup didalam waktu yang telah ditentukan. Dilakukan analisis Reliabilitas terhadap lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V dengan menggunakan software statistik program Minitab release 13.20 dan Splus 2000. Dalam perhitungan tersebut telah dihasilkan nilai-nilai probabilitas kumulatif, reliabilitas, dan kegagalan lampu pijar secara keseluruhan. Pada penelitian ini diketahui bahwa rata-rata umur lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240V adalah sebesar 890 jam.

Kata Kunci: Uji Hidup, Analisis Reliabilitas, Distribusi Weibull.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Banyak sekali produk yang telah diciptakan dan dipasarkan oleh pabrik–pabrik ditujukan untuk kesejahteraan hidup manusia. Misalnya saja lampu, komputer, mesin cuci, mesin pompa dan lain sebagainya. Sebagian produk-produk yang diproduksi adalah untuk kelancaran suatu perusahaan yang membutuhkan jasa produk tersebut.

Lampu pijar dikonsumsi oleh banyak konsumen, sehingga perusahaan-perusahaan ataupun pusat-pusat penelitian yang menggunakan lampu tersebut tidak ingin lampu yang telah dibeli menjadi cepat putus dan rusak. Jadi lampu tersebut harus benar-benar lama umur hidupnya, sehingga diharapkan para konsumen tidak merasa dirugikan atau dikecewakan.

Berdasarkan pemaparan di atas maka, alangkah baiknya apabila pihak perusahaan pengguna jasa lampu tersebut mengetahui peluang hidup lampu pada waktu yang ditentukan, dan mengetahui peluang hidup diluar waktu yang telah ditentukan, sehingga waktu ganti lampu pun dapat diprediksi. Oleh sebab itu akan dibahas uji tahan hidup (reliabilitas) terhadap lampu tersebut.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalahnya adalah "Bagaimana analisis reliabilitas pada jenis lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V".

1.3 BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan diperusahaan PT. GE Lighting Yogyakarta, data yang digunakan yaitu data uji umur lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V.
2. Metode analisis data yang digunakan adalah menggunakan metode parametrik dimana data diasumsikan berdistribusi Weibull.

I.4 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan diadakannya penelitian ini adalah: Membahas analisis reliabilitas lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V yang diasumsikan berdistribusi Weibull.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti.

   selain dapat menambah pengetahuan juga merupakan syarat yang harus ditempuh guna memperoleh derajat sarjana di fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam Universitas Islam Indonesia.

2. Bagi perusahaan.

   Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan PT. GE Lihgting Yogyakarta, dalam menyempurnakan langkah- langkah selanjutnya untuk menentukan kebijakan usahanya, terutama dalam menguji umur produk suatu lampu.

3. Bagi pembaca .

   Untuk menambah literatur dan pengetahuan tentang uji umur suatu sampel yang berdistribusi Weibull.

1.6. METODE PENELITIAN

Untuk metode penelitian diuraikan dalam empat poin sebagai berikut:

1. Objek dan Tempat Penelitian

   Penelitian diiakukan di Perusahaan Terbatas GE Lighting Yogyakarta, yang beralamat di jalan Magelang km.8,5 Yogyakarta. Dengan objek penelitian adalah data umur lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V yang diproduksi pada bulan Mei tahun 1995.

2. Sumber Data

   Sumber data penelitian adalah Data pada bagian *Quality Control* di perusahaan GE Lighting Yogyakarta.

3. Metode Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini adalah data sekunder tentang umur lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V berdasarkan hasil observasi yang diuji oleh perusahaan pada bulan Mei tahun 1995.

4. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan software MINITAB release 13.20 dan Splus 2000.

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN SKRIPSI

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari menjadi lima bab yaitu:

Bab I Pendahuluan

Berisikan uraian tentang latar belakang, rumusan masalah,batasan masalah,tujuan penelitian manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian.

Bab II Landasan Teori

Memuat penjelasan tentang konsep dan prinsip dasar serta teori-teori yang mendasari penelitian untuk memecahkan masalah yang dihadapi.

Bab III Analisa menguji umur dengan metode Weibull

Dalam bab ini disajikan teori uji sampel yang berdistribusi Weibull, yang digunakan untuk membahas permasalahan di bab IV.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
FMIPA

Bab IV Analisa dan Pembahasan

Hasil dari pengolahan data kemudian di analisis untuk menghasilkan kesimpulan .

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan bab terakhir dari penulisan laporan penelitian ini yang berisikan kesimpulan dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 PENDAHULUAN

Uji hidup adalah suatu penyelidikan tentang tahan hidup suatu unit atau komponen pada keadaan operasional tertentu, dan analisis reliabilitas adalah suatu uji hidup untuk mengetahui peluang suatu unit atau komponen akan bertahan hidup di dalam waktu yang telah ditentukan (*Lawless, 1982*). Analisis reliabilitas sering diartikan juga sebagai probabilitas suatu alat tetap bekerja dengan baik untuk suatu jangka waktu yang ditentukan dalam suatu keadaan yang disyaratkan, dengan kata lain analisis reliabilitas adalah peluang suatu unit atau komponen akan hidup lebih dari waktu (t) yang ditentukan (*Hintze, 2000*). Data waktu hidup suatu komponen atau sistem pada umumnya merupakan variabel random yang tidak negatif (*Sinha dan Kale,1979*). Distribusi-distribusi seperti *Weibull*, Eksponensial dan Lognormal adalah beberapa distribusi yang lebih sering digunakan. Distribusi *Weibull* lebih fleksibel dibandingkan dengan distribusi yang lain pada model dua parameternya, walaupun distribusi *Weibull* dapat dibentuk dengan tiga parameter (*Hintze, 2000)*.

Data tahan hidup biasanya mempunyai tipe khusus berdasarkan cara memperolehnya, dan tipe ini disebut sensor. Karena tipe khusus ini maka diperlukan suatu cara tersendiri untuk menganalisisnya (*Sardjono,1990)*. Sehingga reliabilitas mempunyai 4 faktor yang saling berhubungan:

a. Reliabilitas yang dinyatakan sebagai probabilitas.

Misal suatu alat mempunyai reliabilitas 0,6 berarti probabilitas alat tersebut bekerja dengan baik untuk jangka yang ditentukan dan keadaan yang disyaratkan adalah 0,6. Jadi untuk setiap 1000 alat yang diuji banyaknya alat yang bekerja dengan baik sekitar 600 buah.

b. Alatnya diharapkan bekerja dengan baik.

Hal ini berarti bahwa harus di berikan batasan yang jelas tentang hal yang diharapkan dari alat tersebut.

c. Jangka waktu yang ditentukan.

Jangka waktu ini penting untuk ditentukan karena memberikan ukuran waktu suatu alat bekerja dengan baik Misal bola lampu yang oleh pabrik ditentukan pemakaiannya 1500 jam. Jika bola lampu tersebut rusak sebelum 1500 jam di katakan cacat atau kurang memuaskan, dan jika bola lampu itu rusak setelah pemakaian 2000 jam maka bola lampu tersebut di katakan memuaskan.

d. Keadaan pemakaian disyaratkan

Keadaan pemakaian yang disyaratkan dimaksudkan keadaan selama pemakaian, misalnya bola lampu disyaratkan untuk tegangan 110 V maka jika lampu itu di gunakan pada tegangan 120 V maka umur pemakaiannya lebih pendek. Untuk selanjutnya suatu alat yang bekerja dengan baik di katakan hidup, sedang alat yang tidak bekerja dengan baik di katakan mati.

2.2 KONSEP DASAR RELIABILITAS

Jika variabel random T adalah waktu hidup atau waktu yang dihasilkan hingga suatu unit rusak atau terjadinya suatu kegagalan, maka fungsi reliabilitas dari suatu unit pada waktu t didefinisikan oleh:

$$R(t) = P(T > t) = 1 - F(t) \qquad \ldots(2.1)$$

dimana,

$$F(t) = \int_0^t f(x)dx$$

Jika diketahui nilai $R(t)$ maka dapat diketahui berapa kira-kira peluang bola lampu akan bertahan hidup di dalam waktu t yang ditentukan. Kemudian $F(t)$ adalah fungsi kepadatan peluang kumulatif dari fungsi disrtibusi $f(t)$, dimana $F(t)$ juga merupakan fungsi kegagalan dari suatu unit yang diuji yaitu peluang terjadinya suatu unit akan rusak dalam interval waktu (0,t) yang ditentukan.

Jika ingin mengetahui berapa peluang perkiraan suatu bola lampu akan bertahan hidup pada interval waktu $(t,\Delta t)$, dimana Δt adalah bernilai sangat kecil maka dihitung dengan fungsi kegagalan kondisional. Adapun persamaan dari fungsi kegagalan kondisionalnya adalah:

$$h(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{-R'(t)}{R(t)} = \frac{-d}{dt} \ln R(t) \qquad \ldots(2.2)$$

Jika,

$$h(x) = \frac{-d}{dx} \ln R(x)$$

maka,

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA PERPUSTAKAAN FMIPA

$$\ln R(x)\Big|_0^t = -\int_0^t h(x)dx$$

sehingga,

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t h(x)dx\right)$$

dan,

$$f(t) = h(t)\exp\left(-\int_0^t h(x)dx\right) \qquad \ldots(2.3)$$

Kemudian kita punyai 4 fungsi yang saling berhubungan untuk menggambarkan kegagalan dari suatu komponen . Hubungan dari keempat fungsi tersebut adalah :

1. Jika f(t) diketahui maka:

$$F(t) = \int_0^t f(x)dx$$

$$R(t) = \int_t^\infty f(x)dx = 1 - F(t) \quad \text{dan,}$$

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{F(t)}{1-F(t)}$$

2. Jika F(t) diketahui maka:

$$f(t) = F'(t)$$
$$R(t) = 1 - F(t) \text{ dan,}$$
$$h(t) = \frac{F'(t)}{1-F(t)}$$

3. Jika R(t) diketahui maka:

$$F(t) = 1 - R(t)$$
$$f(t) = -R'(t) \quad \text{dan,}$$
$$h(t) = \frac{-R'(t)}{R(t)}$$

4. Jika h(t) diketahui maka:

$$-h(t) = \frac{R'(t)}{R(t)}$$
$$-\int_0^t h(t)dx = \int_0^t \frac{R'(x)}{R(x)}dx$$
$$-H(x)\Big|_0^t = \ln R(x)\Big|_0^t$$
$$-H(t) = \ln R(t)$$
$$R(t) = e^{-H(t)}$$

selanjutnya diperoleh $F(t) = 1 - \exp\left[-\int_0^t h(x)dx\right]$ atau

$$F(t) = 1 - e^{-H(t)}$$

Oleh karena $f(t) = h(t).R(t)$ maka $f(t) = h(t)e^{-H(t)}$, dimana H(t) adalah fungsi kumulatif hazard.

2.3 Distribusi Weibull

Profesor *Waloddi Weibull* adalah orang yang menemukan distribusi Weibull dan menggunakannya secara luas. Dia menunjukkan bahwa distribusi Weibull dapat cocok untuk banyak model data yang berbeda-beda dan dapat memberikan hasil yang baik walau hanya dengan sampel yang kecil

(Hintze,2000). Distribusi Weibull telah banyak digunakan dalam lapangan-lapangan industri sebagai model waktu untuk data kegagalan suatu item.

Distribusi Weibull dengan dua parameter diindikasikan dengan α sebagai parameter skala dan β sebagai parameter bentuk. Dengan kedua simbol ini maka fungsi kepadatan peluang distribusi Weibull dituliskan sebagai berikut:

$$f(t|\beta,\alpha)=\frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}},\ \beta>0,\alpha>0,t>0 \quad \text{.....(2.4)}$$

Simbol t mempresentasikan variabel random pada waktu. Parameter bentuk mengontrol keseluruhan bentuk dari fungsi kepadatan peluang. Salah satu alasan mengapa distribusi Weibull sangat luas penggunaannya adalah karena tingkat kelenturan nilai parameter dari parameter bentuk (β)

Misalkan saja ketika $\beta=1$ maka distribusi weibull akan sama dengan distribusi Eksponensial. Untuk perubahan yang terjadi pada parameter skala tidak mempengaruhi parameter bentuk dari distribusi.

2.3.1 Mean distribusi Weibull

Adapun mean (waktu gagal T) distribusi Weibull adalah:

$$E(T;\alpha,\beta)=\alpha\Gamma\left(1+\frac{1}{\beta}\right)$$

Bukti,

$$E(T;\alpha,\beta)=\int_0^{\infty} tf(t)dt$$

$$= \int_0^{\infty} t \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(t/\alpha\right)^{\beta}} dt$$

$$= \beta \int_0^{\infty}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta} e^{\left(t/\alpha\right)^{\beta}} dt$$

$$E(T;\alpha,\beta) = \beta \int_0^{\infty}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\infty} e^{\left(t/\alpha\right)^{\beta}} dt$$

$$= \beta \int_0^{\infty} y e^{-y} \frac{1}{\beta} \alpha y^{\frac{1-\beta}{\beta}} dy$$

$$= \alpha \int_0^{\infty} y^{\frac{1-\beta}{\beta}} e^{-y} dy$$

$$= \alpha \Gamma\left(\frac{1}{\beta}+1\right)$$

2.3.2 Variansi distribusi Weibull

variansinya adalah:

$$\text{var}(T) = E(T)^2 - \left[E(T)^2\right]$$

$$E(T^2) = \int_0^{\infty} t^2 f(t) dt$$

$$= \int_0^{\infty} t^2 \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{\left(t/\alpha\right)^{\beta}} dt$$

$$= \beta \int_0^{\infty}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(t/\alpha\right)^{\beta}} dt$$

$$= \beta\alpha \int_0^{\infty}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(t/\alpha\right)^{\beta}} dt$$

$$E(T^2) = \beta\alpha\int_0^{\infty}\left(\frac{T}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}} dt$$

$$= \beta\alpha\int_0^{\infty} y^{\frac{\beta+1}{\beta}} e^{-y} \frac{1}{\beta}\alpha y^{\frac{1-\beta}{\beta}} dy$$

$$= \alpha^2\int_0^{\infty} y^{\frac{(\beta+1)+(1-\beta)}{\beta}} e^{-y} dy$$

$$= \alpha^2\int_0^{\infty} y^{\beta} e^{-y} dy$$

$$= \alpha^2\Gamma\left(\frac{2}{\beta}+1\right)$$

Setelah didapatkan $E(T^2)$ dan $E(T)$, maka akan diperoleh sebagai berikut:

$$Var(T) = E(T^2) - \left[E(T)^2\right]$$

$$= \alpha^2\Gamma\left(\frac{2}{\beta}+1\right) - \alpha^2\Gamma^2\left(\frac{1}{\beta}+1\right)$$

$$= \alpha^2\left[\Gamma\left(\frac{2}{\beta}+1\right) - \Gamma^2\left(\frac{2}{\beta}+1\right)\right]$$

2.4 Sensor dan Tipe-tipe Sensor

Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel pada analisis data uji hidup terdiri dari:

a. Sampel lengkap

Jika menggunakan tipe sampel lengkap, maka semua komponen baru akan diuji dan eksperimen akan dihentikan bila semua komponen yang diuji telah mati atau gagal.

b. Sampel tersensor tipe I

Dalam data tersensor tipe I, eksperimen akan dihentikan jika telah mencapai waktu sensor tertentu, yaitu L.

Andaikan $T_i, i = 1,.....,n$ adalah sampel random dari distribusi tahan hidup dengan fungsi kepadatan probabilitas $f(t)$, fungsi survival $s(t)$ dan waktu sensor L_i ,maka komponen dikatakan terobservasi bila $T_i \leq L_i$,dengan demikian diperoleh variabel waktu t_i dan variabel yang menunjukkan bahwa komponen telah mati yaitu δ_i dengan :

$t_i = \min(T_i, L_i)$ dan $\begin{matrix} \delta_i = 1, jika T_i \leq L_i \\ \delta_i = 0, jika T_i \geq L_i \end{matrix}$

jika waktu sensor L_i sama untuk T_i maka sampel yang demikian dikatakan sampel dengan waktu sensor tunggal.

c. Sampel tersensor tipe II

Dalam sampel tersensor tipe II, n komponen diobservasi dalam eksperimen akan dihentikan setelah kegagalan ke-r diperoleh $(r \leq n)$.

2. 5 Estimasi Maksimum Likelihood

Bila $L(\theta) = f(x_1, x_2,..., x_n; \theta), \theta \in \Omega$ sebagai fungsi distribusi probabilitas bersama dari $x_1, x_2,..., x_n$ maka nilai $\hat{\theta}$ dalam Ω dimana $l(\theta)$ maksimum disebut estimasi maksimum likelihood dari θ dinyatakan dengan:

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_n; \hat{\theta}) = \max_{\theta \in \Omega} f(x_1, x_2, \ldots, x_n; \vartheta)$$

bila $L(\theta)$ differensiabel dan diasumsikan sebagai nilai maksimum dalam δ, maka nilai estimasi maksimum likelihood diperoleh melalui persamaan:

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

Setiap nilai θ yang memaksimalkan $l(\theta)$ juga akan memaksimalkan log-likelihood, $l(\theta) = \ln L(\theta)$ pada perhitungan sebagai bentuk alternatif dari persamaan likelihood yang lebih sering digunakan adalah:

$$\frac{\partial}{\partial \theta} l(\theta) = 0$$

2.6 Uji Anderson-Darling

Uji Anderson-Darling adalah salah satu uji kesesuaian bahwa suatu data berdistribusi tertentu yang dikembangkan oleh Stephens tahun 1974 (Kristanti, 2000). Pada uji bahwa suatu data berdistribusi Weibull, tingkat signifikansi observasi didefinisikan sebagai:

$$OSL = 1/\ \left\{1 + \exp\left[-0.1 + 1.24 \ln(AD^*) + 4.48(AD^*)\right]\right\},$$

dimana

$$AD^* = \left(1 + 0.2/\ \sqrt{n}\right) AD,$$

dan

$$AD = \left[\sum_i \frac{1 - 2i}{n} \left\{\ln\left(1 - \exp\left(-Z_{(i)}\right)\right) - Z_{(n+1-i)}\right\} - n\right]$$

dimana

$Z_{(i)} = \left[X_{(i)} / \ \alpha^*\right]^{\beta^*}$, α^* dan β^* adalah penduga parameter distribusi Weibull.

Pengambilan keputusan dalam uji Anderson-Darling melalui nilai OSL. Jika OSL ≥ tingkat signifikansi yang dipilih maka disimpulkan data berdistribusi Weibull.

BAB III

ANALISIS PENGUJIAN UMUR SAMPEL LENGKAP DISTRIBUSI WEIBULL

3.1 Estimasi Parameter

Telah diketahui bahwa fungsi kepadatan peluang dari distribusi *Weibull* terdapat pada persamaan (2.4). Pengestimasian parameter menggunakan estimasi maksimum *likelihood*, yaitu dengan memaksimumkan fungsi *likelihood* dari distribusi Weibull.

3.1.1 Sampel lengkap

Berdasarkan persamaan (2.4), diperoleh

$$L(t|\beta,\alpha) = \prod_{k=1}^{n} f(t_k)$$

$$= \prod_{k=1}^{n} \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t_k}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t_k}{\alpha}\right)^{\beta}}$$

$$= \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^{n} \prod_{k=1}^{n}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{(\beta-1)} e^{-\sum_{k=1}^{n}\left(\frac{t_k}{\alpha}\right)^{\beta}}$$

dan

$$l = \ln L(t|\beta,\alpha) = n\ln\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) + (\beta-1)\sum_{k=1}^{n}\ln\left(\frac{t}{\alpha}\right) - \sum_{k=1}^{n}\left(\frac{t_k}{\alpha}\right)^{\beta}$$

$$= n\ln\beta - n\ln\alpha + (\beta-1)\sum_{k=1}^{n}\ln t - (\beta-1)\ln\alpha - \sum_{k=1}^{n}\left(\frac{t_k}{\alpha}\right)^{\beta}$$

untuk mencari estimator β, yaitu $\hat{\beta}$,maka

$$\frac{dl(t|\beta,\alpha)}{d\beta} = 0$$

$$\frac{dl(t|\beta,\alpha)}{d\beta} = \frac{n}{\beta} + \sum_{k=1}^{n} \ln\left(\frac{t_k}{\alpha}\right) - \sum_{k=1}^{n} \left(\frac{t_k}{\alpha}\right)^{\beta} \ln\left(\frac{t_k}{\alpha}\right) = 0$$

sehingga dihasilkan suatu fungsi,

$$g(\hat{B}) = \frac{n}{\beta} + \sum_{k=1}^{n} \ln\left(\frac{t_k}{\alpha}\right) - \sum_{k=1}^{n} \left(\frac{t_k}{\alpha}\right)^{\beta} \ln\left(\frac{t}{\alpha}\right) = 0 \qquad (2.5)$$

(Bain L.J. and Engelhardt M., 1992)

nilai $\hat{\beta}$, dicari dengan menggunakan metode iterasi Newton Raphson.

Estimator dari α, yaitu $\hat{\alpha}$, dicari dengan

$$\frac{dl(t|\beta,\alpha)}{d\alpha} = 0$$

$$\frac{dl(t|\beta,\alpha)}{d\alpha} = \frac{n}{\alpha} - \frac{n(\beta-1)}{\alpha} + \beta \sum_{k=1}^{n} \frac{t_k^{\beta}}{\alpha^{\beta+1}} = 0$$

$$= -\left(\frac{n+n\beta-n}{\alpha}\right) + \beta \sum_{k=1}^{n} \frac{t_k^{\beta}}{\alpha^{\beta+1}} = 0$$

$$= \frac{n\beta}{\alpha} + \beta \sum_{k=1}^{n} \frac{t_k^{\beta}}{\alpha^{\beta+1}} = 0$$

$$\frac{n}{\alpha} = \sum_{k=1}^{n} \frac{t_k^{\beta}}{\alpha^{\beta+1}}$$

$$= \frac{1}{\alpha^{\beta}} \sum_{k=1}^{n} \frac{t_k^{\beta}}{\alpha}$$

$$n\alpha^{\beta} = \sum_{k=1}^{n} t_k{}^{\beta}$$

$$\hat{\alpha} = \sqrt[\beta]{\frac{\sum_{k=1}^{n} t_k{}^{\beta}}{n}} \qquad (2.6)$$

3.1.2 Sampel tersensor tipe I

Pada sampel tersensor tipe I

$$L(t|\ \beta,\alpha) = \prod_{i=1}^{n} f(t)^{\delta i} R(t)^{1-\delta i}$$

$$= \prod_{i=1}^{n} \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right]^{\delta i} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right]^{1-\delta i}$$

untuk $\delta i = 1$ diperoleh:

$$\ln L(t|\ \beta,\alpha) = \sum^{n} \delta i \ln\frac{\beta}{\alpha} + (\beta-1)\sum^{n} \ln\left(\frac{t}{\alpha}\right) - \sum^{n}\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta}$$

$$= \sum^{n} \delta i \ln\frac{\beta}{\alpha} + (\beta-1)\sum^{n} \ln t_i - \sum^{n} \delta i(\beta-1)\ln\alpha - \sum^{n}\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta}$$

untuk $\sum^{n} \delta i = r$ diperoleh:

$$\ln L(t|\ \beta,\alpha) = r\ln\beta - r\ln\alpha + (\beta-1)\sum_{i\in D} \ln t_i - r\beta\ln\alpha + r\ln\alpha - \sum^{n}\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta}$$

$$= r\ln\beta - r\beta\ln\alpha(\beta-1)\sum_{i=D} \ln t_i - \sum^{n}\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta}$$

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA PERPUSTAKAAN F. MIPA

dengan mengambil $\frac{\partial \log L(\beta,\alpha)}{\partial \alpha} = 0$ diperoleh:

$$-r\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)+\frac{\beta}{\alpha}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta} = 0$$

Sehingga,

$$\frac{\beta}{\alpha}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta} = \frac{r\beta}{\alpha}$$

maka diperoleh $r = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta}$ dan $\hat{\alpha} = \left(\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)^{1/\beta}$

Dengan mensubstitusikan $\hat{\alpha} = \left(\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)^{1/\beta}$ diperoleh:

$$\frac{r}{\beta}+\sum_{i\in D}\ln t_i - r\ln\left(\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)^{1/\beta} - \frac{r\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)}{\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)}\ln t_i + \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)}{\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)}\ln\left(\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)^{1/\beta} = 0$$

$$\frac{r}{\beta}+\sum_{i\in D}\ln t_i - \frac{r\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)}{\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)}\ln t_i = 0$$

$$\frac{\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\ln t_i\right)}{\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}\right)} - \frac{1}{\beta} - \frac{1}{r}\sum_{i\in D}\ln t_i = 0$$

Jadi persamaan penduga kemungkinan maksimum untuk $\hat{\beta}$ adalah:

$$\frac{\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^{\hat{\beta}} \ln t_i\right)}{\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^{\hat{\beta}} - \frac{1}{\hat{\beta}} - \frac{1}{r}\sum_{i\in D} \ln t_i\right)} = 0 \quad \text{dan} \quad \hat{\alpha} = \left(\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{n} t_i^{\hat{\beta}}\right)^{\frac{1}{\hat{\beta}}}$$

3.1.3 Sampel tersensor tipe II

Pada sampel tersensor tipe II

$$L(t|\beta,\alpha) = \frac{n!}{(n-r)!}\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^{r}\prod_{i=1}^{r}\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta-1}\exp\left(-\sum_{i=1}^{r}\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\exp\left(-\left(\frac{t_r}{\alpha}\right)^{\beta(n-r)}\right)$$

$$= \frac{n!}{(n-r)!}\beta^{r}\frac{\prod_{i=1}^{r} t_i^{\beta-1}}{\alpha^{r\beta}}\exp\left(-\sum_{i=1}^{r}\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta} - \left(\frac{t_r}{\alpha}\right)^{\beta(n-r)}\right)$$

maka log *likelihoodnya* didapatkan sebagai berikut:

$$\ln L = \ln\frac{n!}{(n-r)!} + r\ln\beta + \beta\sum_{i=1}^{n}\ln t_i - \sum_{i=1}^{r}\ln t_i - r\beta\ln\alpha - \sum_{i=1}^{n}\left(\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^{\beta} - \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta(n-r)}\right)$$

Jadi penduga kemungkinan untuk α adalah:

$$\hat{\alpha} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} t_i^{\beta}}{r}\right)^{\frac{1}{\hat{\beta}}}$$

Dengan mensubstitusikan $\alpha = \left(\frac{\sum_{i=r}^{n} {}^{*} t_i}{r} \right)^{1/\beta} = \left(\frac{r}{\sum_{i=1}^{n} {}^{*} t_i^{\beta}} \right)^{1/\beta}$

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta} = \frac{r}{\beta} + \sum_{i=1}^{r} \ln ti - r \ln \alpha - \sum_{i=1}^{r} \left(\frac{ti}{\alpha} \right)^{\beta} \ln \left(\frac{ti}{\alpha} \right) - \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta(n-r)} \ln \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{(n-r)}$$

$$= \frac{r}{\beta} + \sum_{i=1}^{r} \ln ti - r \ln \alpha - \sum_{i=1}^{r} \left(\frac{ti}{\alpha} \right)^{\beta} \ln \left(\frac{ti}{\alpha} \right)$$

$$= \frac{r}{\beta} + \sum_{i=1}^{r} \ln ti - r \ln \alpha - \frac{1}{\alpha^{\beta}} \sum_{i=1}^{r} {}^{*} \left(\frac{ti}{\alpha} \right)^{\beta} (\ln ti - \ln \alpha)$$

$$= \frac{r}{\beta} + \sum_{i=1}^{r} \ln ti - r \ln \alpha - \frac{1}{\alpha^{\beta}} \sum_{i=1}^{r} {}^{*} ti^{\beta} \ln ti + \frac{1}{\alpha^{\beta}} \sum_{i=1}^{r} {}^{*} ti^{\beta} \ln \alpha$$

Dengan mengambil harga α seperti diatas, maka diperoleh:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta} = \frac{r}{\beta} + \sum_{i=1}^{r} \ln ti - r \ln \left[\frac{r}{\sum_{i=1}^{r} {}^{*} t^{\beta}} \right]^{1/\beta} - \frac{r}{\sum_{i=1}^{r} {}^{*} t^{\beta}} \sum_{i=1}^{r} t^{\beta} \ln ti + \frac{r}{\sum_{i=1}^{r} {}^{*} ti^{\beta}} ti^{\beta} \ln \left[\frac{r}{\sum_{i=1}^{r} t^{\beta}} \right]^{1/\beta}$$

$$= \frac{r}{\beta} + \sum_{i=1}^{r} \ln ti + r\beta^{-1} \ln \frac{r}{\sum_{i=1}^{r} {}^{*} t^{\beta}} - \frac{r}{\sum_{i=1}^{r} {}^{*} t^{\beta}} \sum_{i=1}^{r} \ln ti - r\beta^{-1} \ln \frac{r}{\sum_{i=1}^{r} {}^{*} t^{\beta}}$$

$$= \frac{r}{\beta} + \sum_{i=1}^{r} \ln ti - \frac{\sum_{i=1}^{r} {}^{*} t^{\beta} \ln ti}{\sum_{i=1}^{r} {}^{*} t^{\beta}}$$

$$= r \left[\left(\sum_{i=1}^{r} {}^{*} t^{\beta} \ln ti \right) \Big/ \sum_{i=1}^{r} {}^{*} t^{\beta} - \frac{1}{r} \sum_{i=1}^{r} \ln ti \right]$$

Dengan mengambil $(\partial \ln L / \partial \beta) = 0$ diperoleh persamaan estimasi untuk β, yaitu:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \alpha} = -r\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) + \frac{\beta}{\alpha}\sum_{i=1}\left(\frac{ti}{\alpha}\right)^{\beta} + \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^{(n-r)} \alpha^{-\phi(n-r)} t^{\beta(n-r)}$$

Nilai estimasi diperoleh dengan menyelesaikan persamaan diatas dengan menggunakan metode iterasi seperti *Newton Raphson*, misalkan β, adalah estimasi awal untuk β, dengan ekspansi deret taylor orde satu maka akan menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \beta} = \left(\frac{\partial \ln L}{\partial \beta}\right)_0 + \left(\hat{\beta} - \hat{\beta}_0\right)\left(\frac{\partial^2 \ln L}{\partial \hat{\beta}^2}\right)_0,$$

Subskrip "0" menunjukkan nilai derivatif pada $\hat{\beta} = \hat{\beta}_0$ dengan mengambil $\partial \ln L / \partial \hat{\beta} = 0$, maka diperoleh solusi:

$$\left(\frac{\partial \ln L}{\partial \hat{\beta}}\right)_0 + \left(\hat{\beta} - \hat{\beta}_0\right)\left(\frac{\partial^2 \ln L}{\partial \hat{\beta}^2}\right)_0 = 0 \text{ dan } \hat{\beta} - \hat{\beta}_0 - \left(\frac{\partial \ln L}{\partial \hat{\beta}}\right)_0 \Big/ \left(\frac{\partial \ln L}{\partial \hat{\beta}^2}\right)$$

Dari persamaan diatas dapat diestimasi harga $\hat{\beta}$ melalui tahap-tahap perhitungan sebagai berikut:

a. Menentukan penduga awal $\hat{\beta}_0$ sebagai penduga $\hat{\beta}$

b. Menghitung harga $\left[\frac{\partial \ln L}{\partial \hat{\beta}}\right]_0$ dan $\left[\frac{\partial^2 \ln L}{\partial \hat{\beta}^2}\right]_0$

c. Menghitung nilai pendekatan $\hat{\beta}$,dengan persamaan

$$\hat{\beta} = \hat{\beta}_0 - \left[\frac{\partial \ln L}{\partial \hat{\beta}}\right]_0 \Big/ \left[\frac{\partial^2 \ln L}{\partial \hat{\beta}^2}\right]_0$$

d. Mengulangi langkah (b) dan (c) sehingga diperoleh harga $\hat{\beta}_0$ mendekati $\hat{\beta}$. Pada tahapan ulangan posisi $\hat{\beta}_0$ diganti dengan untuk $\hat{\beta}_1$ memperoleh nilai $\hat{\beta}_1$ yang baru.

3.2 Fungsi Reliabilitas Distribusi Weibull

Berdasarkan persamaan (2.4), β menunjukkan parameter bentuk dan α menunjukkan parameter skala. Dibentuk fungsi probabilitas kumulatif untuk distribusi Weibull adalah:

$$F(t) = \int_0^t f(x)dx$$

$$= \int_0^t \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta}\right]dx$$

dengan memisalkan $y = \left[\frac{x}{\alpha}\right]^{\beta}$ maka diperoleh $dy = \frac{\beta}{\alpha}\left[\frac{x}{\alpha}\right]^{\beta-1}dx$ dan

$y^{1/\beta} = \frac{x}{\alpha}$ atau $x = \alpha y^{1/\beta}$.

Jadi diperoleh,

$$F(t) = \int_0^t \exp(-y)dy$$

$$y^{1/\beta} = \frac{x}{\alpha} \quad \text{atau} \quad x = \alpha y^{1/\beta}.$$

Jadi diperoleh,

$$F(t) = \int_0^t \exp(-y)dy$$

$$= \left[-\exp(-y)\right]_0^t$$

$$= \left[-\exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta}\right]\right]_0^t$$

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

dengan demikian fungsi reliabilitas distribusi Weibull, R(t) adalah:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

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

Selanjutnya, probabilitas suatu komponen gagal antara t_1 dan t_2 ,dimana $t_2 > t_1$ dihitung melalui:

$$\left(1 - \exp\left(-\left(\frac{t_2}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right) - \left(1 - \exp\left(-\left(\frac{t_1}{\alpha}\right)^{\beta}\right)\right)$$

$$= \exp\left(-\left(\frac{t_1}{\alpha}\right)^{\beta}\right) - \exp\left(-\left(\frac{t_2}{\alpha}\right)^{\beta}\right)$$

$$R(t) = e^{\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right]}$$

sehingga,

$$h(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$$

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

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

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai analisa pembahasan dan teknik komputasi pengolahan data, dimana sistem atau alat perhitungan statistik yang digunakan adalah *software* Minitab Release 13.20.

4.1 Pendahuluan

Berdasarkan pada landasan teori reliabilitas dari uji hidup yang telah dijelaskan di Bab II, maka selanjutnya akan dihitung nilai-nilai probabilitas kumulatif dan reliabilitas pada data waktu hidup lampu pijar yang terpasang pada tegangan 220-240 V.

Kemudian untuk memudahkan analisis maka dibuat 3 poin permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang selanjutnya di bahas satu persatu, yaitu:

1. Berapakah nilai-nilai probabilitas kumulatif dari lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V.
2. Berapakah nilai-nlai reliabilitas dari lampu pijar yang terpasang pada tegangan 220-240 V.

Seperti telah diketahui bahwa maksud dari mencari nilai reliabilitas adalah untuk mengetahui seberapa besar peluang lampu pijar akan bertahan hidup. Kemudian jika yang diinginkan adalah mengetahui seberapa besar peluang lampu pijar akan rusak dalam waktu yang di tentukan, maka yang di cari adalah nilai kegagalannya. Jika lampu pijar telah hidup hingga waktu *(t)*, kemudian ingin diketahui berapa besar peluang lampu pijar akan bertahan hidup pada waktu *(t)* lebih sedikit, maka diperlukan fungsi kegagalan kondisional untuk menghitungnya. Oleh sebab itu agar penggunaan fungsi kegagalan dari suatu distribusi dapat lebih dipahami, maka dikembangkan dua buah poin permasalahan lagi, yaitu:

1. Berapakah nilai kegagalan kondisional dari lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V.
2. Berapakah peluang terjadinya kerusakan dari lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V secara keseluruhan pada waktu yang ditentukan.

4.2 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data lampu pijar 25 Watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V. Kemudian estimasi yang dilakukan adalah berdasarkan tipe sampel lengkap, karena data yang ada merupakan data dengan tipe sampel lengkap.

Tabel. 4.1 Umur Lampu pijar 25 Watt

No Sampel	Umur (Jam)	Umur (Tahun)	Status
1	810	0,092	F
2	819	0,093	F
3	850	0,097	F
4	850	0,097	F
5	850	0,097	F
6	850	0,097	F
7	885	0,101	F
8	887	0,101	F
9	900	0,102	F
10	905	0,103	F
11	907	0,103	F
12	909	0,103	F
13	912	0,104	F
14	913	0,104	F
15	917	0,104	F
16	925	0,105	F
17	927	0,105	F
18	931	0,106	F
19	945	0,107	F
20	945	0,107	F
21	945	0,107	F

Pada tabel 4.1 diatas, kolom status tertulis kode F. Kode F artinya sampel digunakan dalam perhitungan. Jadi sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 21 buah.

4.3 Estimasi Parameter

Pengestimasian parameter dilakukan dengan metode Maksimum Likelihood yang diasumsikan bahwa data berdistribusi Weibull dengan dua parameter dan sampelnya adalah sampel lengkap. Sebelum mencari nilai reliabilitas dan probabilitas kumulatif terlebih dahulu dihitung nilai-nilai

parameter dari distribusi Weibull. Untuk itu digunakan persamaan (2.5) dalam mencari nilai parameter $\hat{\beta}$ dan digunakan persamaan (2.6) dalam mencari nilai parameter $\hat{\alpha}$. Selanjutnya dengan menggunakan program Splus (*Fajriyah dan Utami,2003*) yang merupakan adaptasi metode iterasi Newton Raphson, diperoleh $\hat{\alpha}$ dan $\hat{\beta}$ sebagai berikut:

$$\hat{\alpha} = 0.10$$
$$\hat{\beta} = 30.66$$

Hasil diatas digunakan pada pengolahan data manual. Pada pengolahan data Default program Minitab release 13.20 diperoleh hasil yang sama.

4.4 Analisis Reliabilitas dengan Metode Weibull

4.4.1 Pengolahan Data Manual Pada Minitab Release 13.20

Data yang sanggup diolah Minitab 13.20 yaitu hingga 10000 kolom dan 25000 baris. Pengolahan data tahap ini yaitu mengenai nilai probabilitas kumulatif pada distribusi Weibull yang selanjutnya nilai reliabilitasnya dapat diketahui.

4.4.1.1 Probabilitas Kumulatif Lampu Pijar 25 watt

Langkah-langkah mencari nilai probabilitas kumulatif adalah sebagai berikut:

1. Masukkan data umur lampu pijar pada kolom C1
2. Pilih *Calc.*
3. Pilih sub menu *Probability Distribution.*

4. Kemudian klik *Weibull*, maka akan ditampilkan layar *Weibull Distribution.*
5. Nilai parameter *Skala* 0.10 maka masukkan angka 0,10 pada kotak *Scala.*
6. Nilai parameter bentuk 30.66 maka masukkan angka 30.66 pada kotak shape
7. Isi kotak *input* dengan C1
8. Isi kotak *Output Storage* dengan C2
9. Pilih *Cummulative Probability*
10. Klik *Ok*, maka pada kolom C2 akan dihasilkan nilai kumulatif probabilitas lampu pijar 25 watt.

4.4.1.2 Densitas Probabilitas Lampu Pijar 25 watt

Langkah-langkah mencari nilai densitas probabilitas f(t) adalah sebagai berikut:

1. Masukkan data umur lampu pijar pada kolom C1
2. Pilih *Calc.*
3. Pilih sub menu *Probability Distribution.*
4. Kemudian klik *Weibull*, maka akan ditampilkan layar *Weibull Distribution.*
5. Nilai parameter *Skala* 0.10 maka masukkan angka 0,10 pada kotak *scala.*

6. Nilai parameter bentuk 30.66 maka masukkan angka 30.66 pada kotak *shape.*
7. Isi kotak *input* dengan C1
8. Isi kotak *Output Storage* dengan C3
9. Pilih *Probability Density*
10. Klik *Ok*, maka pada kolom C3 akan dihasilkan nilai densitas probabilitas lampu pijar 25 watt.

4.4.1.3 Reliabilitas Lampu Pijar 25 watt

Langkah-langkah mencari nilai reliabilitas adalah sebagai berikut:

1. Masukkan data umur lampu pijar pada kolom C1
2. Pilih menu *Calc.*
3. Pilih sub menu *Calculator*. Maka tampilan *Calculator* akan disajikan.
4. Isi kotak *Store Result In Variable* dengan C4
5. Isi kotak *Expression* dengan ekspresi matematika berikut:1-C2
6. Klik *Ok*, maka pada kolom C4 akan dihasilkan nilai Reliabilitas lampu pijar 25 watt.

4.4.1.4 Kegagalan Lampu Pijar 25 watt

Langkah-langkah mencari nilai kegagalan adalah sebagai berikut:

1. Masukkan data umur lampu pijar pada kolom C1
2. Pilih menu *Calc.*

3. Pilih sub menu *Calculator*, maka tampilan *Calculator* akan disajikan.
4. Isi kotak *Store Result In Variable* dengan C5.
5. Isi kotak *Expression* dengan ekspresi matematika berikut: C3/C4
6. Klik *Ok*, maka pada kolom C5 akan dihasilkan nilai kegagalan lampu pijar 25 watt

4.4.1.5 Hasil dan Analisis

Tabel 4.2 Nilai Hasil Perhitungan Pada Worksheet Data Minitab

No	T	F(t)	f(t)	R(t)	h(t)
1	0.092	0.074645	23.924	0.925355	25.85
2	0.093	0.102431	31.977	0.897569	35.63
3	0.097	0.324989	83.856	0.675011	124.23
4	0.097	0.324989	83.856	0.675011	124.23
5	0.097	0.324989	83.856	0.675011	124.23
6	0.097	0.324989	83.856	0.675011	124.23
7	0.101	0.742498	106.053	0.257502	411.85
8	0.101	0.742498	106.053	0.257502	411.85
9	0.102	0.840417	88.032	0.159583	551.64
10	0.103	0.915844	62.003	0.084156	736.76
11	0.103	0.915844	62.003	0.084156	736.76
12	0.103	0.915844	62.003	0.084156	736.76
13	0.104	0.964151	35.177	0.035849	981.25
14	0.104	0.964151	35.177	0.035849	981.25
15	0.104	0.964151	35.177	0.035849	981.25
16	0.105	0.988477	15.018	0.011523	1303.31
17	0.105	0.988477	15.018	0.011523	1303.31
18	0.106	0.997442	4.416	0.002558	1726.41
19	0.107	0.999651	0.796	0.000349	2280.84
20	0.107	0.999651	0.796	0.000349	2280.84
21	0.107	0.999651	0.796	0.000349	2280.84

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
FMIPA

Keterangan:

T adalah umur

F(t) adalah nilai probabilitas kumulatif

R(t) adalah nilai reliabilitas

R'(t) atau f(t) adalah fungsi densitas distribusi

h (t) adalah nilai kegagalan dimana f(t)/R(t)

Pada hasil perhitungan diperoleh informasi bahwa mean waktu hidup data lampu pijar 25 Watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V adalah sebesar 0.1017, artinya lampu pijar 25 Watt yang diproduksi oleh PT GE Lighting mempunyai rata-rata tahan hidup sebesar 0.1017 tahun.

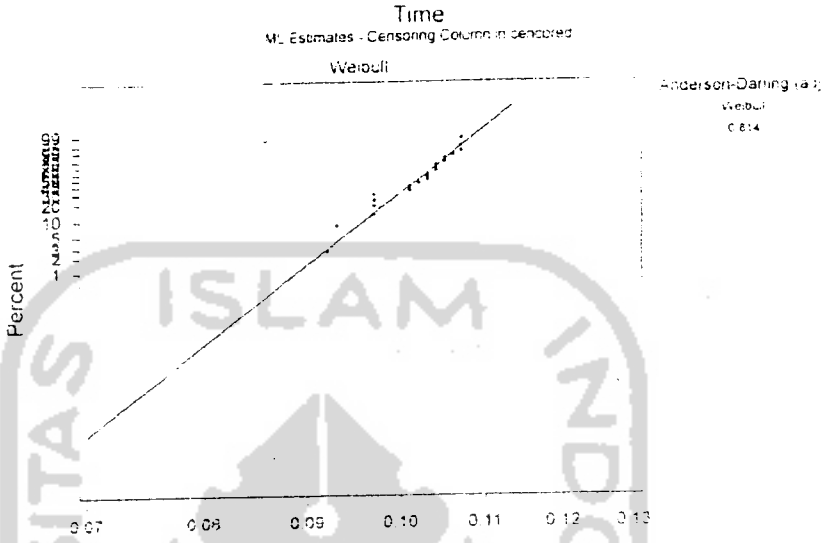
Rata-rata nilai reliabilitas lampu pijar 25 Watt sebesar 0.1017 berarti menunjukan dari 1000 sampel yang diproduksi diperkirakan banyaknya lampu pijar akan bisa bertahan hidup selama 0.1017 tahun sekitar 102 buah lampu.

4.4.2 Pengolahan Data Pada Minitab Release 13.20 dengan Menggunakan Menu Default

4.4.2.1 *Distribution ID plot-Right Censor*

Pada bagian ini terdapat dua buah output. Output pertama berisikan tentang uji *Goodness of fit* bahwa sampel berdistribusi Weibull melalui uji Anderson-Darling. Pada output ini diperoleh nilai Anderson-Darling yang disesuaikan, AD*, sebesar 0.184 dan statistik deskriptif dari sampel yang

berdistribusi Weibull yaitu nilai persentil mean, standart error mean dan interval konfidensi mean.

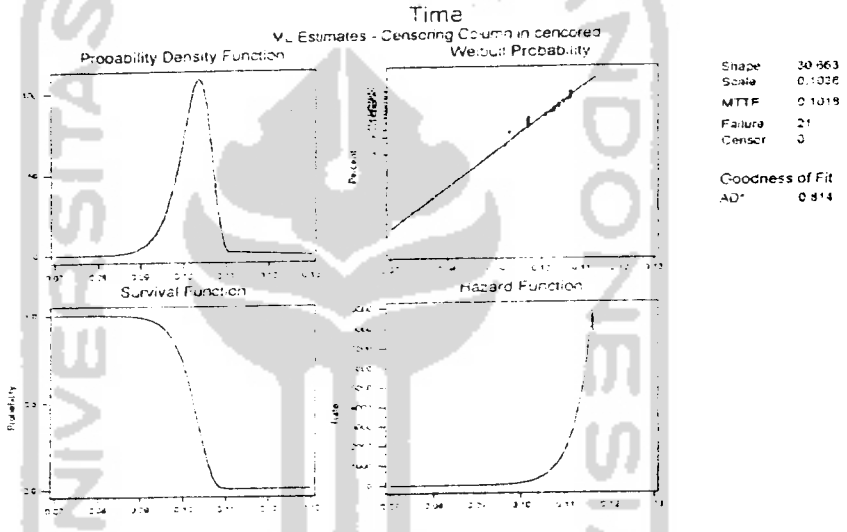


Gambar 4.1 Grafik Nilai Waktu Tahan Hidup

Output kedua berisi gambar, yang disajikan pada Gambar 4.1. Gambar 4.1 merupakan plot probabilitas untuk tahan hidup lampu pijar 25 watt yang berdistribusi Weibull atau diasumsikan berdistribusi Weibull, yang parameternya diestimasi dengan menggunakan metode maksimum likelihood. Garis lurus pada gambar 4.1 menunjukkan plot probabilitas distribusi Weibull, sedangkan titik-titik merupakan sampel data. Sebelah kanan atas menunjukkan nilai AD* yang merupakan statistik Anderson-Darling yang disesuaikan. Karena nilai AD*= 0.814 maka diperoleh tingkat signifikansi Observasi yaitu OSL adalah sebesar 0.03. Pada tingkat signifikansi 1 % disimpulkan bahwa data berdistribusi Weibull.

4.4.2.2 *Distribution overview plot-Right Censor*

Pada bagian ini terdapat dua buah output. Output pertama berisikan tentang *uji Goodness of fit* bahwa sampel berdistribusi Weibull melalui uji Anderson-Darling. Pada output ini diperoleh nilai Anderson-Darling yang disesuaian, AD*, sebesar 0.814 dan statistik deskriptif dari sampel yang berdistribusi Weibull yaitu nilai persentil mean, standard error mean dan interval konvidensi mean.



Gambar 4.2 Grafik Lama Waktu tahan Hidup dari Output Overview Plot Right-Censor

Output kedua berisi gambar, yang disajikan pada Gambar 4.2. Gambar 4.2 merupakan plot untuk tahan hidup lampu pijar 25 watt yang berdistribusi Weibull atau diasumsikan berdistribusi Weibull, yang parameternya diestimasi dengan menggunakan metode maksimum likelihood. Gambar ke-1 menunjukkan plot fungsi kepadatan probabilitas tahan hidup lampu pijar 25 watt yang bertahan hidup hingga 0.10 tahun mempunyai probabilitas 0.30, artinya lampu pijar 25 watt yang terpasang

pada tegangan 220-240 V akan bertahan hidup hingga 0.10 tahun peluangnya sebesar 0.30.

Gambar ke-2 menunjukkan plot fungsi probabilitas tahan hidup lampu pijar 25 watt yang berdistribusi Weibull atau diasumsikan berdistribusi Weibull. Garis lurus pada gambar ke-2 menunjukkan plot probabilitas distribusi Weibull, sedangkan titik-titik merupakan sampel data. Gambar ke-3 menunjukkan plot fungsi reliabilitas tahan hidup lampu pijar 25 watt yaitu peluang hidup suatu unit atau komponen yang berdistribusi Weibull akan bertahan hidup pada waktu tertentu. Secara umum dapat diinformasikan bahwa probabilitas lampu pijar yang bertahan hidup hingga 0.07 tahun mempunyai probabilitas sebesar 1 dan tidak ada lampu yang bertahan hidup lebih dari 0.13 tahun, karena mempunyai probabilitas 0.

Pada gambar ke-4 menunjukkan plot fungsi kegagalan tahan hidup lampu pijar 25 watt yang berdistribusi Weibull dan memperlihatkan bahwa kegagalan tahan hidup lampu pijar yang berumur 0.07 tahun menpunyai tingkat kegagalan 0 dan kegagalan lampu akan berumur lebih dari 0.13 tahun sangat tinggi sekali.

Sebelah kanan atas menunjukkan nilai shape: 30.663, scala: 0.1036 dan MTTF (mean) 0.1018, standard deviasi 0.004161, median 0.1024. Selanjutnya keterangan failure adalah waktu tahan hidup 21 buah lampu pijar dan censor = 0 artinya tidak ada sampel atau observasi yang tidak digunakan dalam perhitungan . Nilai AD* merupakan statistik Anderson-

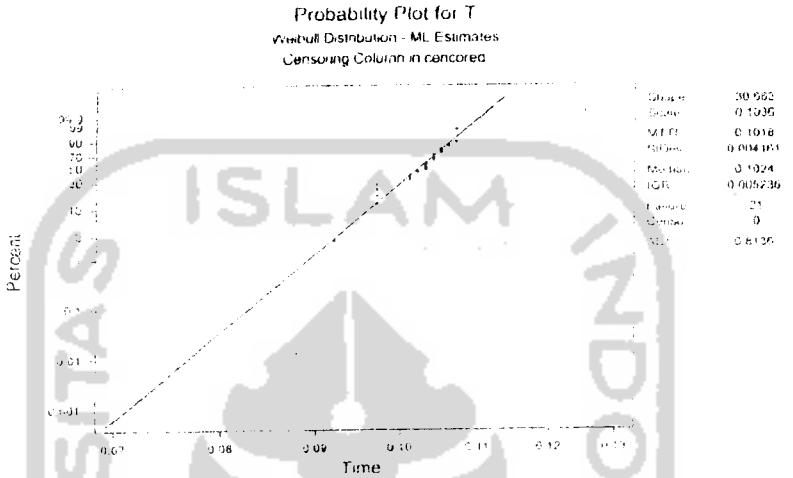
Darling yang disesuaikan. Karena nilai AD*= 0.8136 maka diperoleh tingkat signifikansi observasi yaitu OSL sebesar 0.03. Pada tingkat signifikansi 1% disimpulkan bahwa data berdistribusi Weibull.

4.4.2.3 *Parametric distribution Analisis-Right censor*

Pada bagian ini terdapat dua buah output. Output pertama berisi tentang informasi sensor tahan hidup lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V dengan waktu tahan hidup 21 buah lampu pijar. Dengan asumsi bahwa data berdistribusi Weibull dan parameternya diestimasi dengan menggunakan metode maksimum likelihood, maka diperoleh estimasi parameter nilai shape: 30.663, scala: 0.103621 dan statistik deskriptif dari sampel yang berdistribusi Weibull yaitu standard error mean dan interval konfidensi mean serta diperoleh nilai log likelihood sebesar 86.037.

Pada *uji Goodness of fit* bahwa sampel berdistribusi Weibull melalui uji Anderson-Darling, diperoleh nilai Anderson-Darling yang disesuaian, AD*, sebesar 0.8136 maka diperoleh tingkat signifikansi observasi yaitu OSL adalah sebesar 0.03. Pada tingkat signifikansi 1 % disimpulkan bahwa data berdistribusi Weibull. Selain itu diperoleh juga MTTF(mean) sebesar 0.1018, standard deviasi sebesar 0.004161 dan median sebesar 0.1024. Nilai quartil pertama lampu pijar 25 watt sebesar 0.09950, quartil ketiga sebesar 0.1047 serta IQR (*Interquartil Range)* sebesar 0.005236 dan statistik deskriptif dari sampel yang berdistribusi

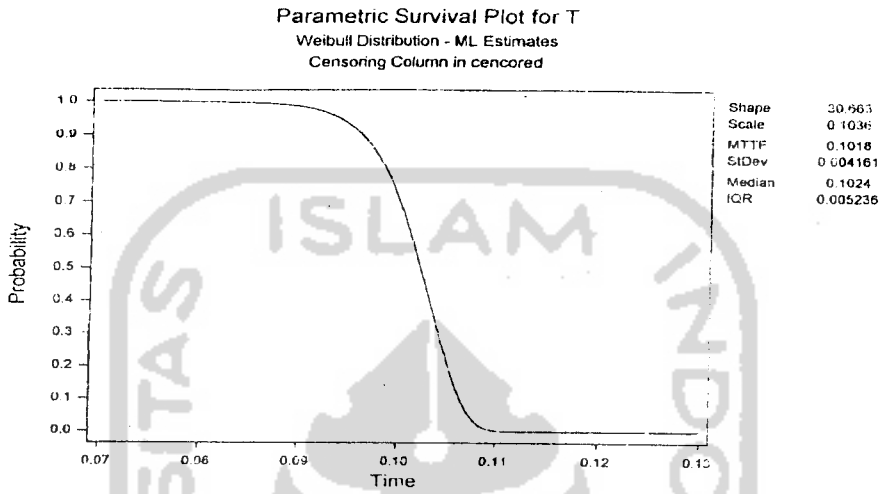
Weibull yaitu nilai standard error mean dan interval konfidensi mean. Pada bagian terahir output ini ditampilkan tabel persentil dan statistik diskriptif dari sampel yang berdistribusi Weibull yaitu nilai persentil mean, standard error mean dan interval konfidensi mean.



Output kedua berisi gambar, yang disajikan pada gambar 4.3.1 merupakan plot probabilitas untuk tahan hidup lampu pijar 25 watt yang berdistribusi Weibull atau diasumsikan berdistribusi Weibull, yang parameternya diestimasi dengan menggunakan metode maksimum likelihood. Garis lurus pada gambar 4.3.1 menunjukkan plot probabilitas distribusi Weibull, sedangkan titik-titik merupakan sampel data. Sebelah kanan atas menunjukkan nilai shape: 30.663, scala: 0.1036 dan MTTF (mean) 0.1018, standard deviasi 0.004161, median 0.1024.

Selanjutnya keterangan failure adalah waktu tahan hidup 21 buah lampu pijar dan censor = 0 artinya tidak ada sampel atau observasi yang tidak digunakan dalam perhitungan . Nilai AD* merupakan statistik

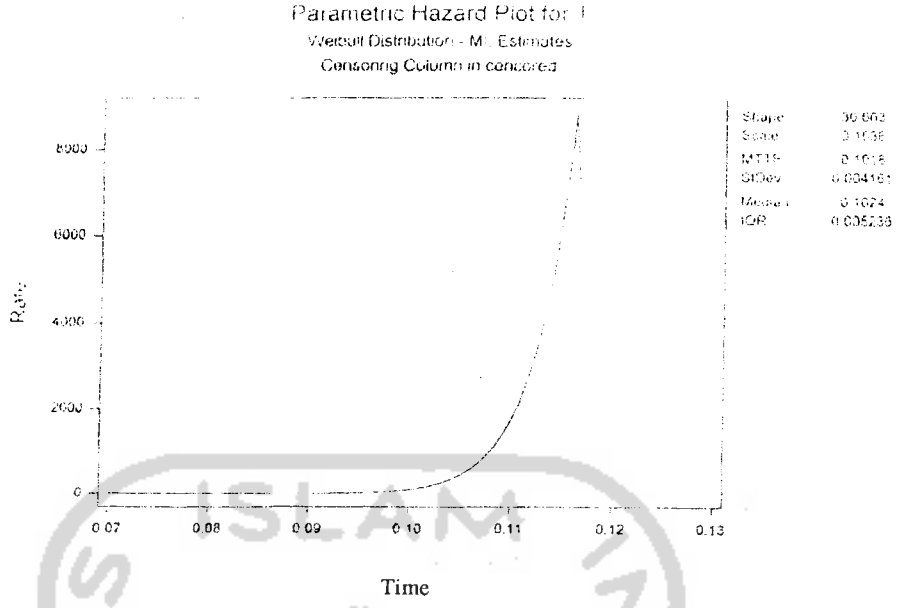
Anderson-Darling yang disesuaikan. Karena nilai AD*= 0.8136 maka diperoleh tingkat signifikansi observasi yaitu OSL sebesar 0.03. Dengan demikian pada tingkat signifikansi 1% disimpulkan bahwa data berdistribusi Weibull.



Gambar 4.3.2 Grafik Nilai Reliabilitas Waktu Tahan Hidup

Pada gambar 4.3.2 menunjukkan plot fungsi reliabilitas tahan hidup lampu pijar 25 watt dimana peluang hidup suatu unit atau komponen akan bertahan hidup pada waktu tertentu. Pada gambar tersebut merupakan plot tahan hidup lampu pijar 25 watt yang berdistribusi Weibull, yang parameternya diestimasi dengan menggunakan metode maksimum likelihood. Secara umum dapat diinformasikan bahwa probabilitas lampu pijar yang bertahan hidup hingga 0.07 tahun mempunyai probabilitas sebesar 1 dan tidak ada lampu yang bertahan hidup lebih dari 0.13 tahun, karena mempunyai probabilitas 0. Sebelah kanan atas menunjukkan nilai shape: 30.663, scala: 0.1036 dan MTTF (mean) 0.1018, standard deviasi 0.004161, median 0.1024 serta diperoleh IQR sebesar 0.005236.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
FMIPA



Gambar 4.3.3 Grafik Nilai Kegagalan Waktu Tahan Hidup

Pada gambar 4.3.3 menunjukkan plot fungsi kegagalan tahan hidup lampu pijar 25 watt yang berdistribusi Weibull, yang parameternya diestimasi dengan menggunakan metode maksimum likelihood. Pada gambar tersebut memperlihatkan bahwa kegagalan tahan hidup lampu pijar 25 watt yang berumur 0.07 tahun menpunyai tingkat kegagalan 0 dan kegagalan lampu akan berumur lebih dari 0.13 tahun sangat tinggi sekali. Sebelah kanan atas menunjukkan nilai shape: 30.663, scala: 0.1036 dan MTTF (mean) 0.1018, standard deviasi 0.004161, median 0.1024 serta diperoleh IQR sebesar 0.005236.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Pada analisis reliabilitas lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V yang diasumsikan berdistribusi Weibull, dengan menggunakan bantuan Minitab release 13.20 diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan uji Anderson-Darling dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi Weibull dengan parameter $\hat{\alpha} = 0.10$ dan $\hat{\beta} = 30.66$.
2. Rata-rata umur lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V, yang diproduksi oleh PT GE Lighting Yogyakarta adalah sebesar 890 jam.
3. Jika PT GE Lighting Yogyakarta memproduksi lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V sebanyak 1000 buah, maka banyaknya lampu pijar akan bisa bertahan hidup selama 890 jam sekitar 102 buah lampu pijar.
4. Rata-rata tingkat kegagalan lampu pijar 25 watt yang terpasang pada tegangan 220-240 V adalah sebesar 869.68 unit / 890 jam.

5.2 SARAN

Dalam tulisan ini analisis dibatasi untuk model reliabilitas Weibull. Apabila dibahas juga model-model parametrik yang lain. Selain itu perlu dikembangkan lebih lanjut penggunaan model reliabilitas data tahan hidup diberbagai bidang penelitian terutama bidang industri.

Daftar Pustaka

Sinha S.K and Kale B.K, 1980, **Life testing and Reliability Estimation,** Wiley Eastern Limited New Delhi Bangalone, Bombay Calcuta

Montgomery,D.C,1990. **Pengantar Pengendalian Statistik**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

Budiningtyas, 2000, **Reliabilitas,** Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta

D,Yuni, 1996, **Model Distribusi Eksponensial dan Weibull dalam Analisis Uji Hidup**, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.

P.Mai, 1991, **Prosedur Inferensi untuk Distribusi Weibull**, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta

Fajriyah, R, dan Utami, H, 2003, **Implementasi Splus dalam Inferensi Data Analisis Uji Hidup**, Makalah yang disampaikan pada konferda Matematika IX, UNS Solo

----------,2003, ***Anderson-Darling: A Goodness of Fit Test for Small Samples Assumptions***, *START*, Vol.10 No.5

Metode iterasi Newton Raphson

Misalkan ada suatu fungsi f (x) dengan akar persamaan β, maka untuk mencari $\hat{\beta}$ dengan metode Newton, dapat dilakukan dengan algoritma sebagai berikut:

1. Tentukan x_0 sebagai nilai permulaan, kemudian cari $f\ (x_0)$.
2. Tentukan turunan dari $f\ (x_0)$, missal turunannya $f\ (x_0)$.
3. Didapatkan suatu persamaan berikut: $x_1 = x_0 - (f(x_0)/f(x_0))$
4. Ulangi langkah-langkah diatas, sehingga diperoleh:

   $x_2 = x_1 - (f(x_1)/f(x_1))$
   $x_3 = x_2 - (f(x_2)/f(x_2))$

   dan seterusnya

   $x_n = x_{n-1} - (f(x_{n-1})/f(x_{n-1}))$

   sampai didapatkan nilai mutlak $x_n - x_{n-1}$ yang sangat kecil sesuai keinginan.

Distribution ID Plot

Variable: T

Goodness of Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)
Weibull	0.814

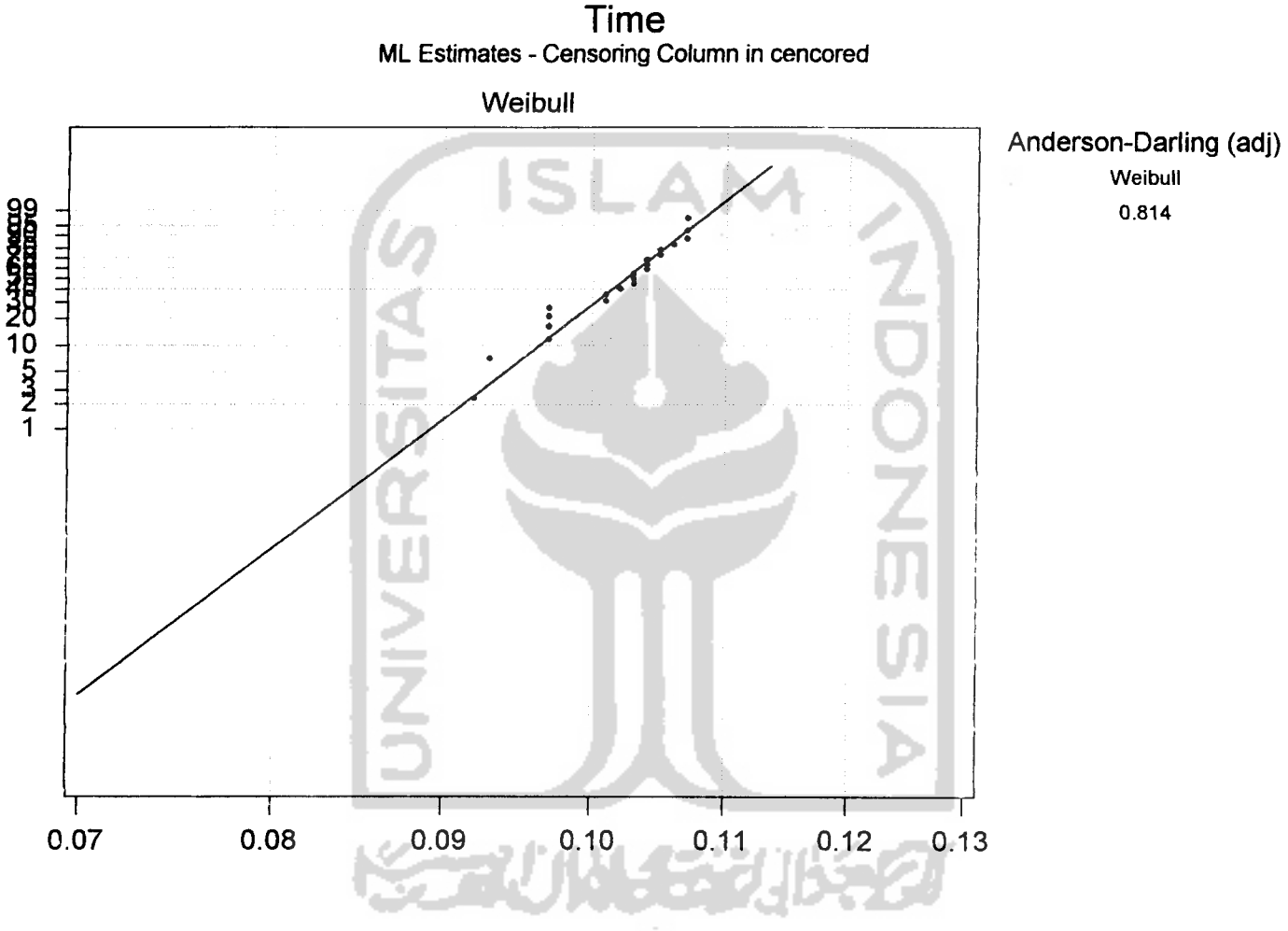
Table of Percentiles

Distribution	Percent	Percentile	Standard Error	95% Normal Lower	CI Upper
Weibull	1	0.089185	2.69E-03	0.084069	0.094613
Weibull	5	0.094054	1.97E-03	0.090269	0.097999
Weibull	10	0.096289	1.64E-03	0.093125	0.099560
Weibull	50	0.102390	8.58E-04	0.100722	0.104085

Table of MTTF

Distribution	Mean	Standard Error	95% Normal Lower	CI Upper
Weibull	0.101776	9.06E-04	0.100015	0.103568

ID Plot for T


Time
ML Estimates - Censoring Column in cencored
Weibull
Anderson-Darling (adj)
Weibull
0.814
10
5
1
0.07
0.08
0.09
0.10
0.11
0.12
0.13

Distribution Overview Plot

Variable: T

Goodness of Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)
Weibull	0,814

Table of Percentiles

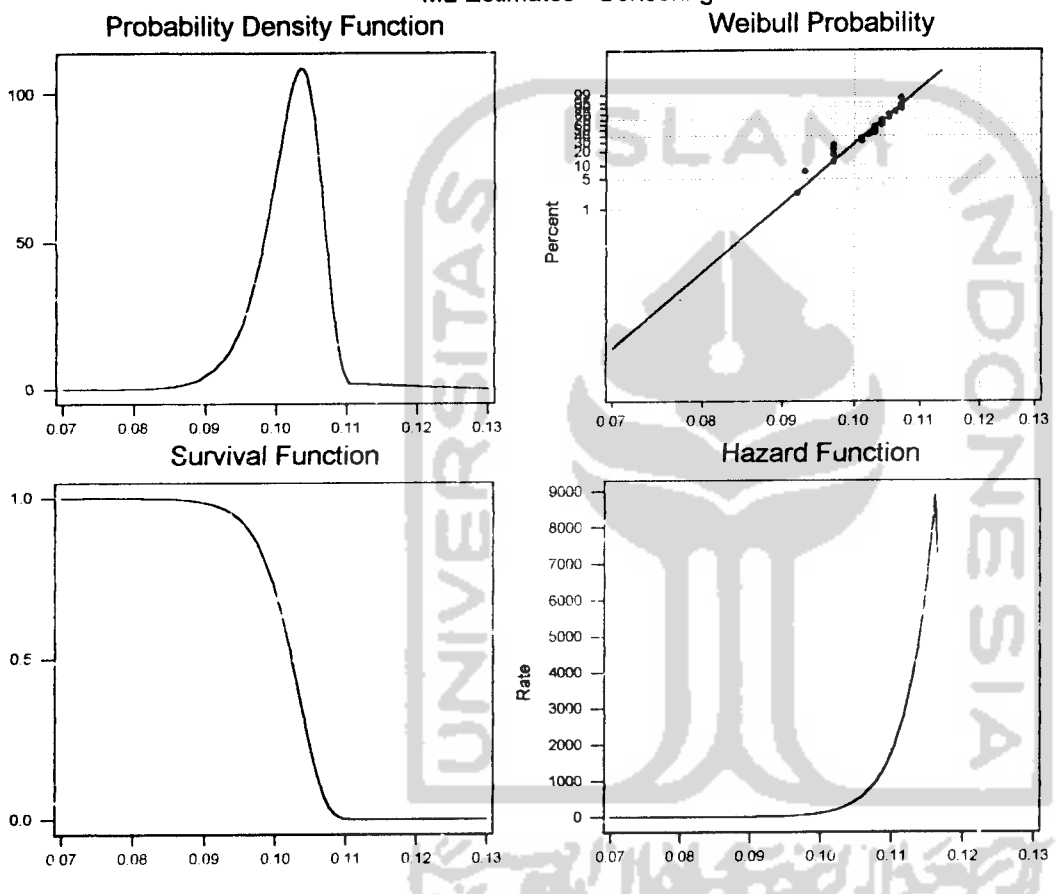
Distribution	Percent	Percentile	Standard Error	95% Normal Lower	CI Upper
Weibull	1	0,089185	2,69E-03	0,084069	0,094613
Weibull	5	0,094054	1,97E-03	0,090269	0,097999
Weibull	10	0,096289	1,64E-03	0,093125	0,099560
Weibull	50	0,102390	8,58E-04	0,100722	0,104085

Table of MTTF

Distribution	Mean	Standard Error	95% Normal Lower	CI Upper
Weibull	0,101776	9,06E-04	0,100015	0,103568

Time

ML Estimates - Censoring Column in cencored



Shape	30.663
Scale	0.1036
MTTF	0.1018
Failure	21
Censor	0

Goodness of Fit

AD*	0.814

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PERPUSTAKAAN
FMIPA

Distribution Analysis: T

Variable: T

Censoring Information	Count
Uncensored value	21

Censoring value: Censored = F

Estimation Method: Maximum Likelihood
Distribution: Weibull

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95.0% Normal CI Lower	Upper
Shape	30.663	5.522	21.544	43.642
Scale	0.103621	0.000774	0.102115	0.105149

Log-Likelihood = 86.037

Goodness-of-Fit
Anderson-Darling (adjusted) = 0.8136

Characteristics of Distribution

	Estimate	Standard Error	95.0% Normal CI Lower	Upper
Mean(MTTF)	0.1018	0.000906	0.1000	0.1036
Standard Deviation	0.004161	0.000711	0.002976	0.005817
Median	0.1024	0.000858	0.1007	0.1041
First Quartile(Q1)	0.09950	0.001188	0.09719	0.1019
Third Quartile(Q3)	0.1047	0.000746	0.1033	0.1062
Interquartile Range(IQR)	0.005256	0.000918	0.003713	0.007382

Table of Percentiles

Percent	Percentile	Standard Error	95.0% Normal CI Lower	Upper
0.00010	0.06603	0.005528	0.05604	0.07781
0.00100	0.07118	0.005001	0.06203	0.08169
0.01000	0.07674	0.004360	0.06865	0.08577
0.10000	0.08272	0.003592	0.07597	0.09007
1.00000	0.08919	0.002688	0.08407	0.09461
2.00000	0.09124	0.002388	0.08668	0.09604
3.00000	0.09247	0.002207	0.08824	0.09690
4.00000	0.09336	0.002075	0.08938	0.09751
5.00000	0.09405	0.001972	0.09027	0.09800
6.00000	0.09463	0.001886	0.09101	0.09840
7.00000	0.09512	0.001813	0.09164	0.09875
8.00000	0.09556	0.001749	0.09219	0.09905
9.00000	0.09594	0.001692	0.09268	0.09932
10.00000	0.09629	0.001641	0.09312	0.09956

20.00000	0.09867	0.001300	0.09616	0.1013
30.00000	0.1002	0.001098	0.09807	0.1024
40.00000	0.1014	0.000958	0.09952	0.1033
50.00000	0.1024	0.000858	0.1007	0.1041
60.00000	0.1033	0.000790	0.1018	0.1049
70.00000	0.1043	0.000752	0.1028	0.1057
80.00000	0.1052	0.000751	0.1038	0.1067
90.00000	0.1065	0.000808	0.1049	0.1081
91.00000	0.1066	0.000819	0.1050	0.1083
92.00000	0.1068	0.000832	0.1052	0.1084
93.00000	0.1070	0.000847	0.1053	0.1087
94.00000	0.1072	0.000865	0.1055	0.1089
95.00000	0.1074	0.000886	0.1057	0.1091
96.00000	0.1076	0.000912	0.1059	0.1094
97.00000	0.1079	0.000945	0.1061	0.1098
98.00000	0.1083	0.000990	0.1064	0.1103
99.00000	0.1089	0.001064	0.1068	0.1110
99.99999	0.1135	0.001787	0.1100	0.1170

Distribution ID Plot

Variable: T

Goodness of Fit

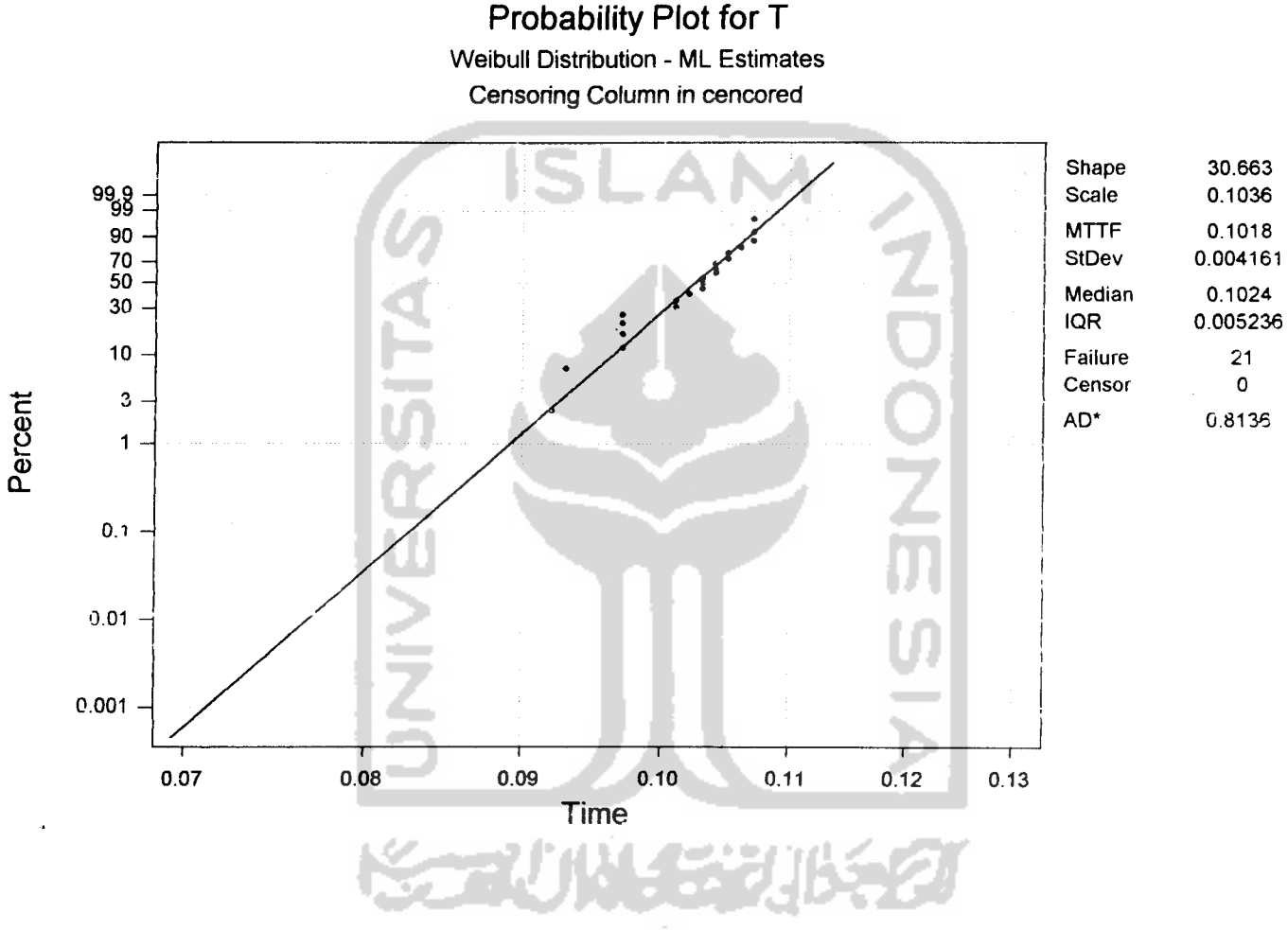
Distribution	Anderson-Darling (adj)
Weibull	0.814

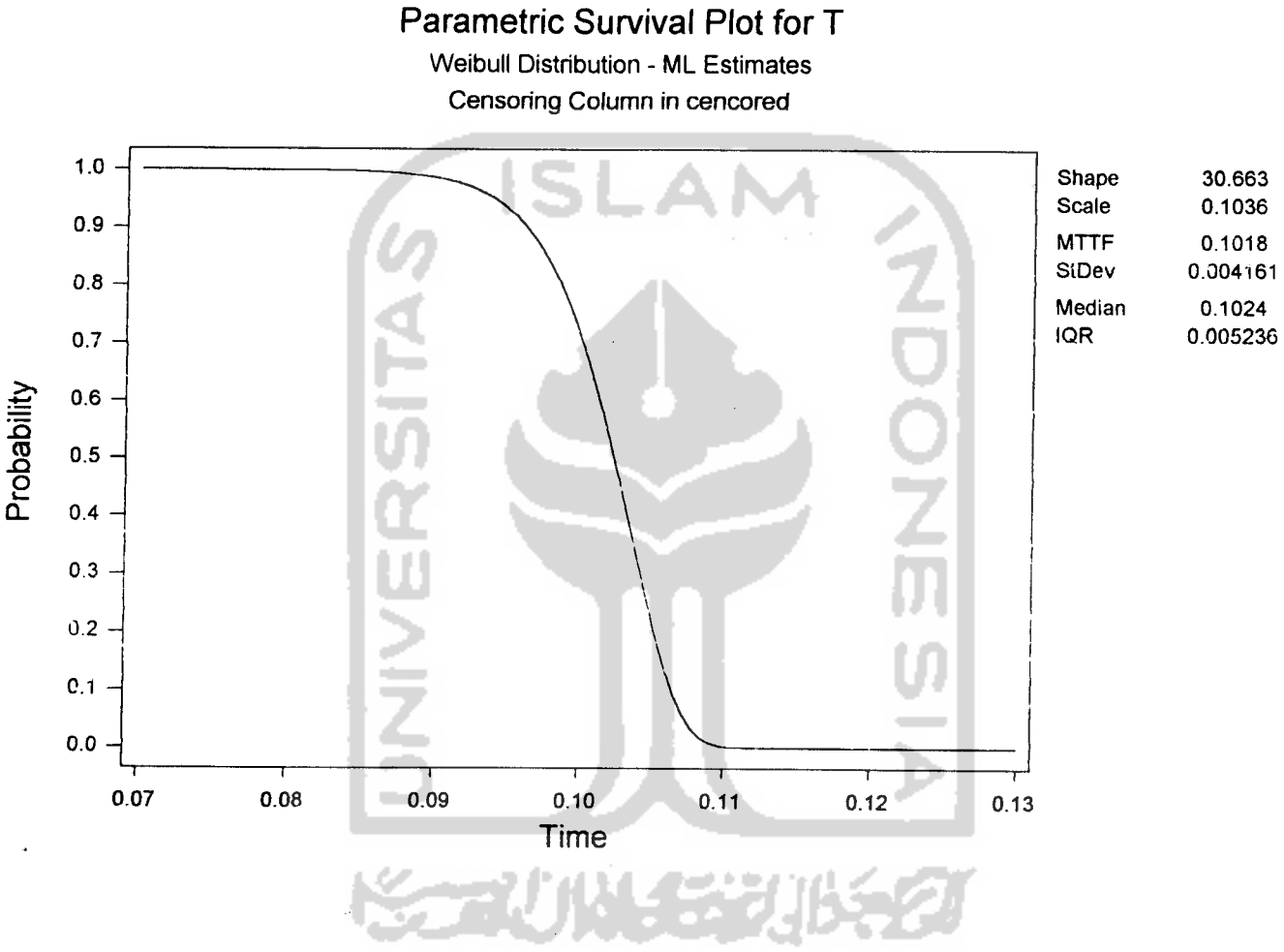
Table of Percentiles

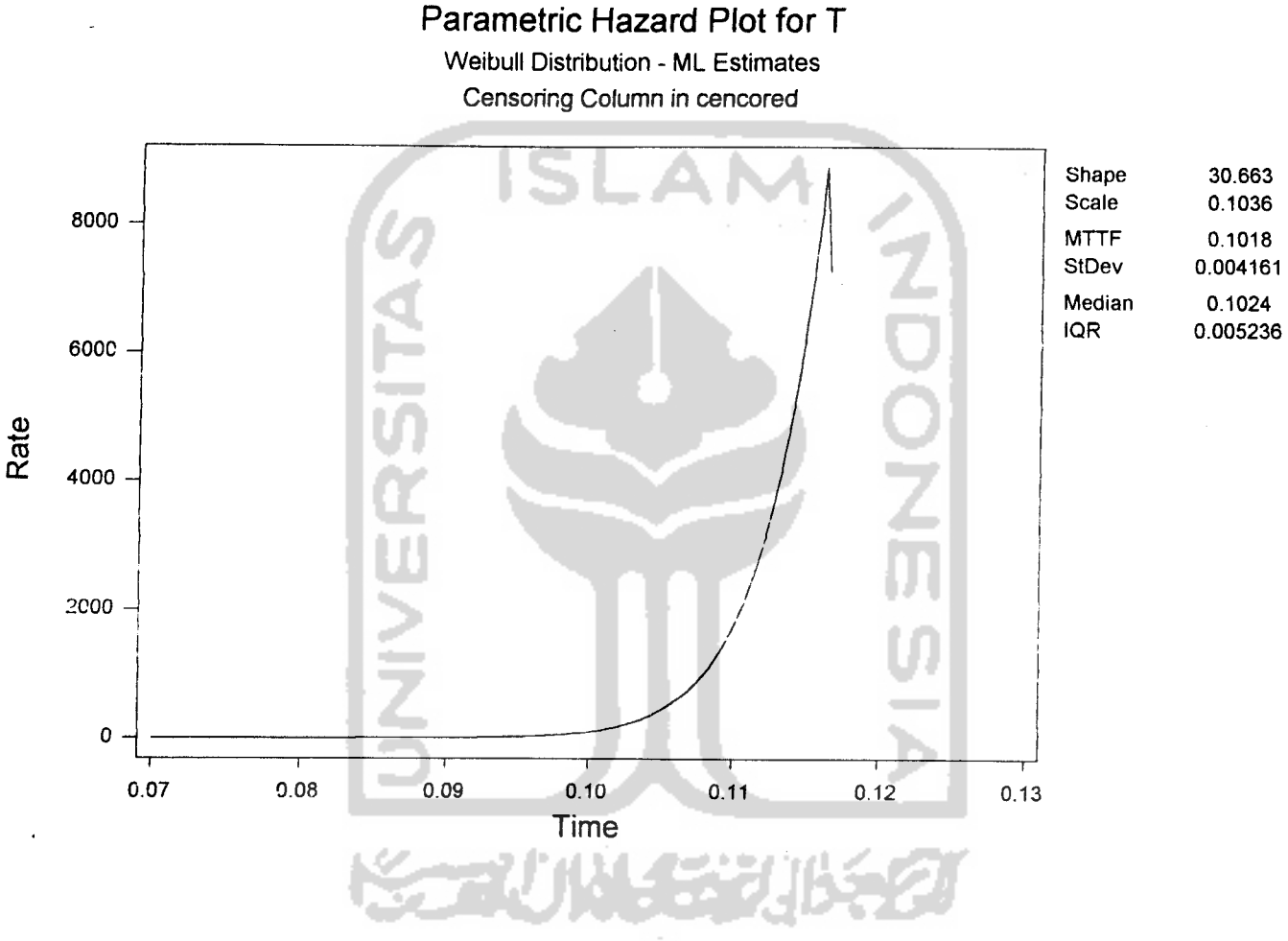
Distribution	Percent	Percentile	Standard Error	95% Normal CI Lower	Upper
Weibull	1	0.089185	2.69E-03	0.084069	0.094613
Weibull	5	0.094054	1.97E-03	0.090269	0.097999
Weibull	10	0.096289	1.64E-03	0.093125	0.099560
Weibull	50	0.102390	8.58E-04	0.100722	0.104085

Table of MTTF

Distribution	Mean	Standard Error	95% Normal CI Lower	Upper
Weibull	0.101776	9.06E-04	0.100015	0.103568


Probability Plot for T
Weibull Distribution - ML Estimates
Censoring Column in cencored
Percent
99.9
99
90
70
50
30
10
3
1
0.1
0.01
0.001
0.07
0.08
0.09
0.10
0.11
0.12
0.13
Time
Shape 30.663
Scale 0.1036
MTTF 0.1018
StDev 0.004161
Median 0.1024
IQR 0.005236
Failure 21
Censor 0
AD* 0.8136


Parametric Survival Plot for T
Weibull Distribution - ML Estimates
Censoring Column in cencored
Probability
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
0.07
0.08
0.09
0.10
0.11
0.12
0.13
Time
Shape 30.663
Scale 0.1036
MTTF 0.1018
StDev 0.004161
Median 0.1024
IQR 0.005236


Parametric Hazard Plot for T
Weibull Distribution - ML Estimates
Censoring Column in cencored
Rate
8000
6000
4000
2000
0
0.07
0.08
0.09
0.10
0.11
0.12
0.13
Time
Shape 30.663
Scale 0.1036
MTTF 0.1018
StDev 0.004161
Median 0.1024
IQR 0.005236