

# ANALISA RELIABILITAS GENERATOR UNIT 4 PADA PLTU TANJUNG PERAK SURABAYA

Sugiyanto<sup>1)</sup>

Abstrak

Keandalan suatu mesin merupakan ukuran kemampuan mesin tersebut dalam menjalankan fungsinya. Generator Unit 4 PLTU Tanjung Perak Surabaya, mulai beroperasi tahun 1980. Sebagai sebuah peralatan Pembangkit Listrik, kehandalannya merupakan tolok ukur yang dapat digunakan sebagai salah satu faktor untuk menentukan layak tidaknya pembangkit listrik tersebut beroperasi. Analisa kehandalan didasarkan pada jumlah jam operasi selama kurun waktu tertentu (dalam kajian ini selama 6 bulan) yang dapat dilayani oleh generator tersebut. Berdasarkan kajian tersebut rata-rata operasi per bulan sebesar 544 jam dengan kehandalan 11,80 %.

Kata kunci: reliabilitas

## PENDAHULUAN

Arti kata keandalan (reliability) adalah kemungkinan suatu alat dapat tetap berfungsi sesuai dengan apa yang diinginkan, tanpa mengalami kegagalan. Karena itu analisis keandalan tidak bisa lepas dari analisis kerusakan. Terdapat dua jenis analisis kerusakan yaitu :

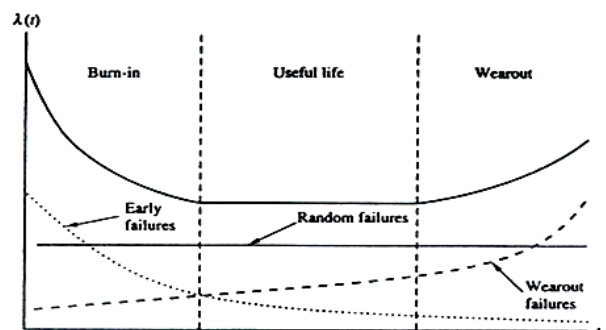
- Analisis kerusakan teknik. Analisis ini dititik beratkan pada penentuan sebab dan tingkat kerusakan, biasanya dilakukan oleh tim yang khusus dibentuk untuk menangani kasus-kasus kerusakan
- Analisis kerusakan statistic. Dilakukan secara statistic, perhatian utamanya adalah keterkaitan mekanisme kerusakan terhadap waktu, apapun penyebabnya. Dengan analisis ini akan diperoleh tingkat keandalan dari system atau komponen, misalnya jumlah jam operasi antara dua kerusakan merupakan ukuran dari tingkat keandalan peralatan

## DASAR TEORI

Analisis keandalan statistic sangat tergantung pada penentuan laju kerusakan komponen atau system setiap saat dalam kehidupannya. Dalam menentukan laju kerusakan komponen atau system terdapat tiga periode yang berbeda-beda yang dialami komponen atau system dalam masa hidupnya, yaitu :

- Periode *burn-in*
- Periode pemakaian
- Periode *wear-out*

Dari ketiga periode tersebut diperoleh kurva laju kerusakan, yang menggambarkan pola kerusakan yang dialami komponen atau system pada setiap periode, dikenal dengan *bath-tub curve*.



Gambar 1 : Bath-tub curve

Dari gambar 1 terlihat bahwa laju kerusakan berbeda pada setiap periodenya. Pada Periode burn-in laju kerusakan dinyatakan oleh kurva hyper-exponential, periode pemakaian dinyatakan oleh kurva exponential dan pada periode wear-out dengan kurva normal. Masing-masing kurva ini menunjukkan fungsi kerapatan dari distribusi kegagalan.

Jika komponen atau system mempunyai waktu kegagalan yang sangat pendek atau sangat panjang, pada umumnya distribusi kegagalannya mengikuti kurva hyper exponential. Fungsi kerapatan dari distribusi kegagalan hyper exponential adalah :

$$f(t) = 2k^2 \lambda \exp(-2k\lambda t) + 2\lambda (-k)^2 \exp[-2(-k)\lambda t] \quad (1)$$

Bilamana salah satu komponen dari suatu system mengalami kegagalan pada umumnya distribusi kegagalannya mengikuti kurva exponential negatif. Fungsi kerapatan dari distribusi kegagalan exponential negative adalah :

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad \text{untuk } t \geq 0 \quad (2)$$

Sedangkan untuk distribusi normal digunakan bilamana kegagalannya memiliki variasi yang acak. Fungsi kerapatan dari distribusi normal adalah :

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (3)$$

Selanjutnya setelah fungsi kerapatan dari distribusi kegagalan telah ditentukan, fungsi keandalan dapat ditentukan berdasarkan definisi :

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (4)$$

Perkiraan laju kerusakan pada sebarang waktu didefinisikan sebagai perbandingan dari jumlah item yang gagal dalam selang waktu tertentu dengan jumlah seluruh populasi. Probabilitas suatu item gagal dalam selang waktu  $\delta t$  adalah:

$$P(A/B) = \frac{\int_t^{t+\delta} f(t) dt}{\int_t^{\infty} f(t) dt} = \frac{F(t+\delta) - F(t)}{1 - F(t)} \quad (5)$$

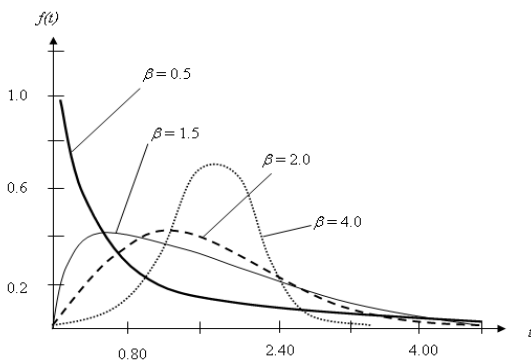
Selanjutnya laju kerusakan dinyatakan sebagai:

$$r(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \quad (6)$$

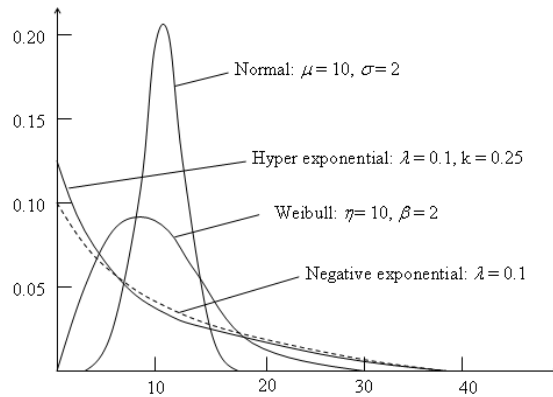
### DISTRIBUSI WEBULL

Distribusi Weibull adalah distribusi empiris yang diturunkan dari serangkaian pengujian sejumlah besar jenis kegagalan komponen atau system. Distribusi ini menggunakan dua parameter yaitu parameter skala  $\alpha$  dan parameter bentuk  $\beta$  yang disesuaikan dengan data operasi. Fungsi kerapatan probabilitas Weibull dengan berbagai nilai parameter bentuk  $\beta$  ditunjukkan pada gambar 2.

Untuk lebih jelas membandingkan beberapa fungsi kerapatan probabilitas yang telah ditemukan dalam praktek untuk menjelaskan karakteristik kegagalan peralatan, antara lain fungsi Normal, Weibull, Hyper exponential dan Exponential negative dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah.



Gambar 2 Fungsi kerapatan probabilitas Weibull untuk beberapa nilai  $\beta$



Gambar 3 Jenis fungsi kerapatan probabilitas

Fungsi laju kegagalan untuk distribusi Weibull adalah

$$\lambda(t) = \frac{\beta \cdot t^{\beta-1}}{\alpha^\beta} \quad (7)$$

dimana :  $\alpha > 0$  ,  $\beta > 0$  dan  $t \geq 0$ .

Fungsi kerapatan probabilitasnya adalah :

$$f(t) = \frac{\beta \cdot t^{\beta-1}}{\alpha^\beta} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (8)$$

Fungsi keandalannya adalah :

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (9)$$

Fungsi distribusi kumulatif kegagalannya adalah :

$$Q(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (10)$$

### DATA OPERASIONAL GENERATOR

Data operasi generator merupakan data yang diperlukan untuk analisis reliabilitas. Tabel 1 menunjukkan sample data operasi Generator Unit 4 PLTU Perak yang digunakan untuk analisa reliabilitas.

Tabel . Data Operasi harian Generator Unit 4 PLTU Perak

| JAM   | LOAD |      | PF   | VOLT | FREQ | AMPER |      |      | KWH X 1000 |
|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------------|
|       | MW   | MVar |      |      |      | R     | S    | T    |            |
|       |      |      |      | KV   |      | KA    | KA   | KA   | KWH        |
| 0.00  | 30   | 10   | 0,98 | 13,7 | 50   | 1,33  | 1,33 | 1,4  | 66524,3    |
| 1.00  | 30   | 10   | 0,98 | 13,7 | 50   | 1,33  | 1,33 | 1,4  | 66554,7    |
| 2.00  | 30   | 10   | 0,98 | 13,7 | 50   | 1,33  | 1,33 | 1,4  | 66585,1    |
| 3.00  | 30   | 10   | 0,98 | 13,7 | 50   | 1,33  | 1,33 | 1,4  | 66415,5    |
| 4.00  | 30   | 10   | 0,98 | 13,7 | 50   | 1,33  | 1,33 | 1,4  | 66445,9    |
| 5.00  | 30   | 12   | 0,96 | 13,7 | 50   | 1,32  | 1,38 | 1,45 | 66476,5    |
| 6.00  | 30   | 6    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,3   | 1,3  | 1,35 | 64506,9    |
| 7.00  | 30   | 6    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,3   | 1,3  | 1,35 | 66537,3    |
| 8.00  | 30   | 6    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,3   | 1,3  | 1,35 | 66567,7    |
| 9.00  | 30   | 10   | 0,98 | 13,7 | 50   | 1,35  | 1,4  | 1,4  | 66798,5    |
| 10.00 | 30   | 12   | 0,96 | 13,7 | 50   | 1,4   | 1,4  | 1,46 | 66828,9    |
| 11.00 | 30   | 9    | 0,98 | 13,7 | 50   | 1,35  | 1,33 | 1,38 | 66859,8    |
| 12.00 | 30   | 7    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,32  | 1,31 | 1,38 | 66890,1    |
| 13.00 | 30   | 7    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,32  | 1,31 | 1,38 | 66920,5    |
| 14.00 | 30   | 8    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,35  | 1,32 | 1,38 | 66950,8    |
| 15.00 | 30   | 4    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,31  | 1,3  | 1,35 | 66981      |
| 16.00 | 30   | 5    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,31  | 1,3  | 1,35 | 67011,3    |
| 17.00 | 30   | 6    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,3   | 1,3  | 1,37 | 67041,9    |
| 18.00 | 30   | 10   | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,5   | 1,33 | 1,4  | 67072,4    |
| 19.00 | 30   | 6    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,3   | 1,3  | 1,7  | 67102,9    |
| 20.00 | 30   | 6    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,3   | 1,3  | 1,38 | 67133,4    |
| 21.00 | 30   | 5    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,3   | 1,3  | 1,37 | 67163,6    |
| 22.00 | 30   | 5    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,3   | 1,3  | 1,37 | 67194,1    |
| 23.00 | 30   | 6    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,3   | 1,2  | 1,38 | 67124,4    |
| 24.00 | 30   | 6    | 0,99 | 13,7 | 50   | 1,3   | 1,3  | 1,38 | 67254,7    |

NB :Jumlah data yang digunakan untuk analisa ini sebanyak 6 bulan operasi.

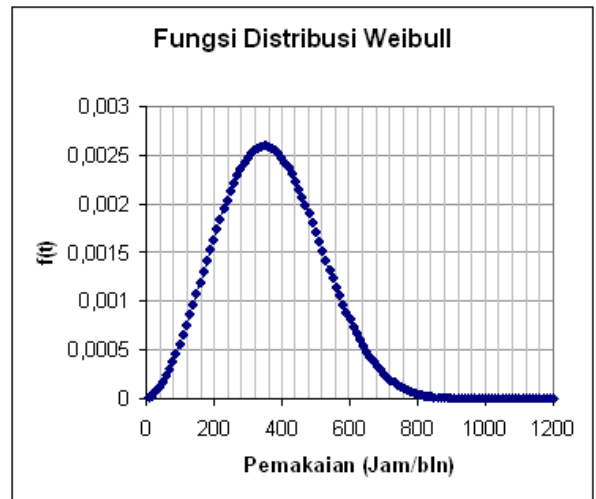
### HASIL PERHITUNGAN REALIBILITAS GENERATOR

Perhitungan yang dilakukan untuk memprediksi keandalan (Realibilitas) generator. Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  dari data operasi.

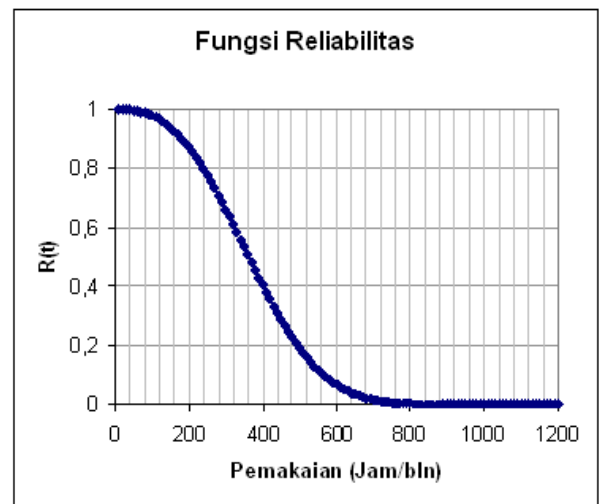
Tabel 2 : Hasil Perhitungan Parameter  $\alpha$  dan  $\beta$

| No | Pemakaian (Jam/Bulan) | $\alpha$ | $\beta$ | MTBF    | Deviasi Standar |
|----|-----------------------|----------|---------|---------|-----------------|
| 1  | 479                   | 4.15     | 3.7     | 369.198 | 147.339         |
| 2  | 696                   |          |         |         |                 |
| 3  | 744                   |          |         |         |                 |
| 4  | 504                   |          |         |         |                 |
| 5  | 331                   |          |         |         |                 |
| 6  | 515                   |          |         |         |                 |

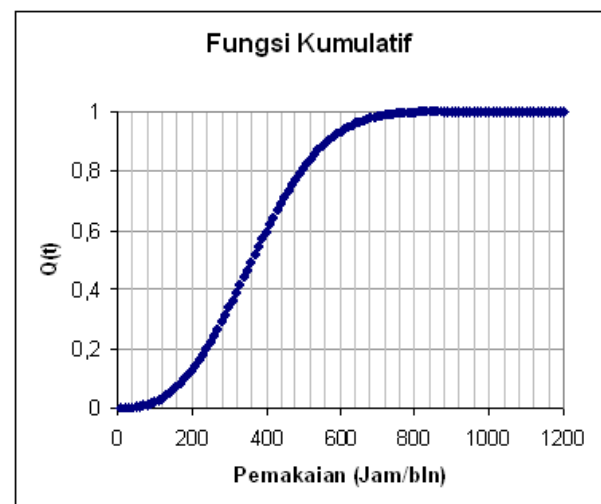
Berdasarkan parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  diperoleh fungsi distribusi Weibull, fungsi reliabilitas, fungsi kumulatif dan fungsi laju kerusakan. Hasil perhitungan fungsi-fungsi tersebut ditunjukkan pada gambar 3 sampai gambar 6.



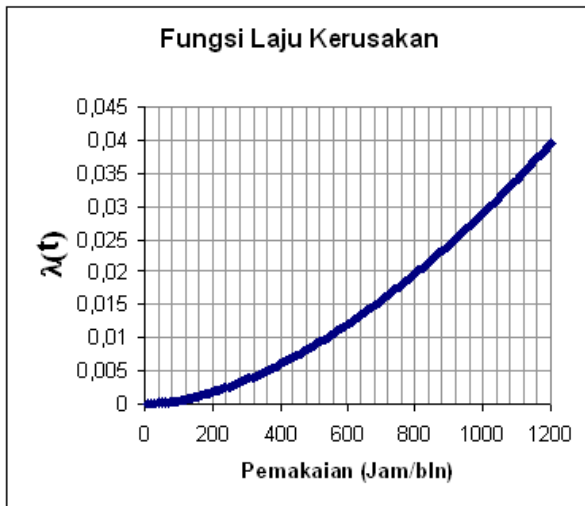
Gambar 4. Fungsi Distribusi Weibull



Gambar 5. Fungsi Reliabilitas



Gambar 6. Fungsi Kumulatif



Gambar 7 : Fungsi Laju Kerusakan

Hubungan keandalan generator dengan dengan jam operasi per bulan ditunjukkan pada table 3.

Tabel 3. Hubungan Jam Operasi per bulan dengan Keandalan

| Pemakaian (Jam/bln) | Reliabilitas |        | Pemakaian (Jam/bln) | Reliabilitas |        |
|---------------------|--------------|--------|---------------------|--------------|--------|
| 50                  | 0,9967       | 99,67% | 400                 | 0,4047       | 40,47% |
| 100                 | 0,9788       | 97,88% | 450                 | 0,2885       | 28,85% |
| 150                 | 0,9380       | 93,80% | 500                 | 0,1916       | 19,16% |
| 200                 | 0,8701       | 87,01% | 550                 | 0,1180       | 11,80% |
| 250                 | 0,7755       | 77,55% | 600                 | 0,0670       | 6,70%  |
| 300                 | 0,6597       | 65,97% | 650                 | 0,0349       | 3,49%  |
| 350                 | 0,5322       | 53,22% | 700                 | 0,0166       | 1,66%  |

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisa diatas dapat disimpulkan bahwa :

- Realibilitas generator Unit 4 PLTU Tanjung Perak sangat tergantung dari jam operasional per bulan, semakin tinggi jam operasional semakin menurun reliabilitasnya.
- Untuk jam operasional rata-rata sebesar 544 jam per bulan tingkat kehandalan generator hanya sebesar 11,80%. Tingkat kehandalan yang rendah ini sesuai dengan umur generator yang telah beroperasi sejak tahun 1980.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_ ”Laporan Akhir Remaining Life Assessment Generator Unit IV PLTU Tanjung Perak Surabaya, 2006
- \_\_\_\_\_ “Laporan Pemeliharaan Main Inspection Unit IV PLTU Tanjung Perak Surabaya, 1994
- Ebeling, Charles ; ” *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*” ; McGraw-Hill, 1997