

# Teori Keandalan sebagai Aplikasi Distribusi Eksponensial

Melati Budiana Putri / 18209006

Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

budianaputri@yahoo.com

**Abstrak**—Kualitas suatu produk sangat ditentukan dari mesin pembuatnya. Suatu produk akan berkualitas baik apabila mesin produksinya andal. Untuk menentukan keandalan suatu mesin, dibutuhkan teori keandalan. Keandalan suatu mesin sangat dipengaruhi oleh cara perawatan mesin itu sendiri. Keandalan seperti probabilitas memiliki nilai 0-1. Teori keandalan merupakan perluasan atau bisa disebut sebagai aplikasi dari distribusi eksponensial.

Pada makalah ini akan dibahas mengenai distribusi gamma dan distribusi eksponensial yang merupakan cikal bakal teori keandalan, perawatan mesin yang mempengaruhi keandalan, teori keandalan, fungsi teori keandalan, dan analisis- analisis untuk mengetahui keandalan.

**Kata Kunci**—Distribusi eksponensial, Keandalan, Kegagalan, Mesin

## I. PENDAHULUAN

Dalam hiruk-pikuknya persaingan dalam dunia perindustrian di Indonesia ini, produk yang dihasilkan oleh suatu industri akan sangat diperhatikan. Segala aspek bisa dijadikan pertimbangan untuk memilih suatu produk. Tetapi, hanya satu aspek yang benar-benar mencerminkan produk tersebut yaitu kualitas atau yang bias disebut sebagai keandalan. Kualitas atau keandalan dari suatu produk dapat dinilai dari komponen yang menyusun produk tersebut dan bagaimana komponen-komponen tersebut disusun menjadi produk yang baik.

Konsumen suatu produk tentu saja menginginkan suatu produk yang bagus dan dapat berjalan sesuai kegunaannya. Inilah beban yang dipikul oleh para engineer dan manager teknik yang bertugas untuk membuat dan memasarkan produk tersebut. Proses pembuatan ini dimulai dari proses perencanaan, desain, manufaktur, dan pengoperasian produk tersebut. Dan proses pemasaran adalah proses pengenalan produk kepada konsumen supaya konsumen lebih tahu tentang produk tersebut.

Perencanaan adalah proses membuat strategi untuk mencapai suatu target. Perencanaan adalah langkah awal dari proses pembuatan. Perencanaan merupakan proses terpenting dalam proses pembuatan karena tanpa

perencanaan, kegiatan-kegiatan yang lainnya seperti desain dll. tidak akan berjalan.

Desain adalah proses untuk membuat dan menciptakan suatu objek baru. Desain tidak hanya sekedar warna dan bentuk, tetapi juga fungsi, nilai estetika, dan aspek-aspek lainnya. Desain merupakan hasil dari proses yang didapat dari pemikiran dan ide-ide kreatif.

Manufaktur adalah proses transformasi (perubahan) dari fase bahan mentah ke fase barang jadi yang sudah siap dijual atau dipasarkan. Sebagai contoh produk manufaktur adalah kursi. Kursi yang biasa kita lihat sekarang ini tidak tercipta secara ajaib. Kursi berasal dari kayu yang dibentuk dan dibuat secara sengaja oleh para pengrajin kayu. Itulah proses manufaktur.

Proses pengoperasian adalah proses pemakaian suatu produk secara efektif dan efisien sehingga produk tersebut tepat guna (sesuai kegunaannya).

Kesalahan dalam pembuatan suatu produk dapat mengurangi keandalan dari produk tersebut dan mengakibatkan menurunnya minat konsumen akan produk tersebut.

Teori keandalan sangat berpengaruh dalam hal perindustrian, terutama saat membuat produk tertentu dalam skala besar. Teori keandalan menentukan kualitas dari suatu barang yang dapat menentukan kepuasan konsumen akan produk tersebut.

## II. PEMBAHASAN

### II.1 Distribusi Gamma dan Distribusi Eksponensial

Salah satu dari sekian banyak distribusi peluang kontinu adalah distribusi gamma. Fungsi gamma adalah fungsi berbentuk :

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad \text{untuk } \alpha > 0$$

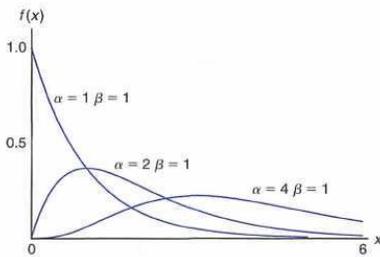
Peubah acak kontinu X, mempunyai distribusi gamma, dengan parameter  $\alpha$  dan  $\beta$ , jika fungsi padat peluangnya diberikan oleh:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, \text{ untuk } x \geq 0$$

$$f(x) = 0, \text{ untuk } x \text{ yang lain}$$

dengan  $\alpha > 0$  dan  $\beta > 0$

grafik fungsi gamma :



Gambar 1 : kurva fungsi gamma

Rataan dan variansi dari distribusi gamma

$$\mu = \alpha\beta$$

dan

$$\sigma^2 = \alpha\beta^2$$

Distribusi eksponensial adalah distribusi gamma khusus dengan  $\alpha = 1$ . peubah acak kontinu  $X$  mempunyai distribusi eksponensial dengan parameter  $\beta$ , jika fungsi padat peluangnya berbentuk :

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta}, \text{ untuk } x \geq 0$$

$$f(x) = 0, \text{ untuk } x \text{ yang lain}$$

dengan  $\beta > 0$

Rataan dan variansi dari distribusi eksponensial

$$\mu = \beta$$

dan

$$\sigma^2 = \beta^2$$

## II.2 Perawatan Mesin

Distribusi gamma dan distribusi eksponensial berperan penting dalam teori antrian dan teori keandalan (reliability). Suatu mesin atau suatu produk apabila dipakai secara terus-menerus (kontinu), akan mengurangi kualitas dan menurunkan tingkat

keandalannya (reliability). Mesin yang dipakai terus-menerus, kinerjanya pasti akan menurun. Hal tersebut dapat membuat jangka waktu pemakaian mesin menjadi lebih pendek. Masa pakai suatu mesin tentu saja dapat diperpanjang dengan cara perawatan mesin yang baik.

Setiap produk yang dihasilkan dapat mengalami kegagalan. Kegagalan itu dapat diakibatkan oleh kesalahan mesin, kesalahan manusia sebagai operator mesin, dan perawatan mesin yang kurang baik.

kegiatan perawatan mesin dalam suatu perusahaan dirasa masih kurang. Pada umumnya, perusahaan hanya melakukan tindakan perbaikan dibandingkan dengan tindakan pencegahan. Factor-faktor yang menyebabkan suatu perusahaan mementingkan perbaikan dibandingkan pencegahan :

- a. kerusakan mesin yang digunakan dalam proses produksi masih dianggap ringan karena belum mengganggu jalannya proses produksi
- b. perusahaan belum memahami maksud dari tindakan perawatana itu sendiri

Pencegahan adalah perawatan yang dilakukan dalam waktu yang sudah ditentukan sebelumnya untuk menghindari kerusakan mesin pada saat beroperasi. Contoh perawatan pencegahan adalah membersihkan mesin dari debu. Perbaikan adalah perawatan mesin yang dilakukan setelah diketahui adanya kerusakan pada mesin yang mengganggu jalannya penggunaan mesin tersebut.

## II.3 Teori Keandalan

Andal dalam KBBI memiliki 2 arti. Pertama, andal berarti dapat dipercaya. Kedua, andal juga dapat berarti memberikan hasil yang sama pada percobaan yang berulang.

Keandalan suatu produk dapat dijabarkan sebagai nilai probabilitas komponen-komponen yang menyusun produk tersebut dapat berjalan sebagaimana mestinya dalam jangka waktu tertentu.

Keandalan suatu produk selayak sebuah probabilitas yang bernilai 0-1. terdapat 2 faktor yang menentukan keandalan suatu mesin, yaitu : fungsi mesin, keadaan tertentu (batasan mesin), dan masa pakai mesin tersebut.

Fungsi mesin adalah factor utama yang menentukan keandalan suatu mesin. Suatu mesin dapat dikatakan andal apabila mesin tersebut bias melakukan kerja sesuai fungsi mesin itu sendiri. Sebaliknya, apabila mesin tersebut tidak bias menjalankan fungsi sebagaimana mestinya, mesin tersebut bias dikatakan tidak andal (tidak bias diandalkan)

Keadaan tertentu atau yang sering disebut sebagai batasan mesin adalah keadaan dimana mesin dapat bekerja secara optimal. Batasan-batasan itu seperti temperature, tegangan, dll. batasan-batasan ini tertera pada spesifikasi mesin tersebut. Apabila mesin

dipaksakan untuk bekerja di luar batasan itu, mesin akan berujung pada kerusakan dan keandalannya akan mencapai titik terendah. Keandalan suatu mesin akan menurun secara signifikan apabila dipekerjakan di luar batasan yang mesin tersebut miliki.

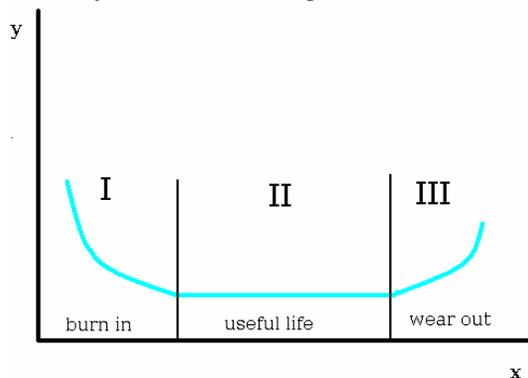
Masa pakai mesin adalah jangka waktu pemakaian suatu mesin yang apabila dalam jangka waktu waktu tersebut, mesin dapat bekerja optimal. Semua produk memiliki tingkat kejenuhan yang berbeda-beda. Suatu mesin yang sudah digunakan selama jangka waktu tertentu akan menunjukkan suatu penurunan kinerja yang mengakibatkan penurunan keandalan.

Contoh ukuran keandalan dari suatu mesin yaitu seberapa banyak produk yang dihasilkan mesin tersebut dalam satu hari, seberapa sering mesin harus diberi pelumas, setelah mesin dimatikan dan dinyalakan kembali, berapa waktu yang dibutuhkan supaya mesin dapat bekerja optimal.

### II.3.1 Laju Kerusakan

Dalam jangka waktu pemakaiannya, mesin akan mengalami kerusakan. Baik kerusakan kecil maupun kerusakan berat. Kerusakan itu mengakibatkan menurunnya kinerja mesin tersebut. Kerusakan bukan merupakan fungsi yang tetap. Kerusakan dapat berubah-ubah terhadap waktu. Keandalan (reliability) suatu mesin berhubungan dengan laju kerusakan tiap waktunya.

Grafik laju kerusakan terhadap waktu :



Gambar 2 : kurva laju kerusakan terhadap waktu

Sumbu X merepresentasikan waktu dan sumbu Y merepresentasikan laju kerusakan.

Kurva di atas dibagi menjadi 3 daerah yaitu : burn in, useful life, dan wear out

- burn in : pada daerah ini, mesin dan komponen-komponen pada mesin baru bekerja pertama kali. Keandalannya 100%. Pada kurva tersebut, laju kerusakan menurun dalam jangka waktu tertentu. Kerusakan yang ada biasanya dikarenakan kesalahan manufaktur dan kesalahan dalam memproduksi mesin tersebut.
- Useful life : pada daerah ini laju kerusakan

tergolong konstan. Pada fase ini, mesin bekerja dalam kondisi paling prima. Pada fase ini, persamaan keandalannya adalah

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

R = keandalan (%)

$\lambda$  = laju kerusakan

t = waktu

- wear out : pada daerah ini, mesin sudah digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama. Akan terjadi beberapa kerusakan di sana sini. Itu yang menyebabkan laju kerusakan meningkat dari waktu ke waktu.

### II.3.2 Kegunaan Teori Keandalan

Kegunaan dari teori keandalan ini adalah apabila telah diketahui keandalan suatu produk, kita dapat menentukan langkah apa yg harus dilakukan untuk produk tersebut. Misalkan keandalan suatu mesin sudah mencapai 10%, maka sudah saatnya mesin tersebut diganti dengan mesin baru yang memiliki kinerja lebih baik.

Keandalan suatu mesin yang memproduksi suatu produk dapat ditentukan dengan teori keandalan. Teori keandalan menentukan keandalan suatu mesin produksi. Keandalan suatu mesin produksi menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Kualitas produk yang dihasilkan akan memiliki nilai jual yang tinggi. Kualitas yang baik juga akan meningkatkan kepercayaan konsumen akan produk tersebut. Peningkatan nilai jual dari suatu produk tentu saja akan membawa nasib keuangan suatu perusahaan ke arah yang lebih baik.

Kegagalan suatu mesin dapat mengakibatkan banyak hal yang dapat merugikan diri sendiri dan juga perusahaan. Mulai dari kesulitan yang dihadapi para operator mesin dalam pengoperasiannya, timbulnya korban jiwa, dan juga kerugian perusahaan. Di sinilah fungsi teori keandalan yang berguna untuk mendeteksi performa suatu mesin sehingga mesin dapat diantisipasi kegunaannya dan menghasilkan produk yang sesuai sehingga memberikan keuntungan untuk perusahaan yang memproduksi.

### II.3.3 Analisis Keandalan

Keandalan suatu mesin dapat diketahui dan dinilai dari data yang didapat dari analisis keandalan. Dalam analisis keandalan, suatu mesin memiliki dua keadaan (state) yaitu, keadaan baik dan keadaan buruk. Keadaan baik dilambangkan dengan angka 1, dan keadaan buruk dilambangkan dengan angka 0. misalkan X adalah variable yang menggambarkan

kondisi mesin, dan  $x(t)$  adalah kondisi mesin terhadap waktu.

$X = 1$  (mesin dalam kondisi baik)

$X = 0$  (mesin dalam kondisi buruk)

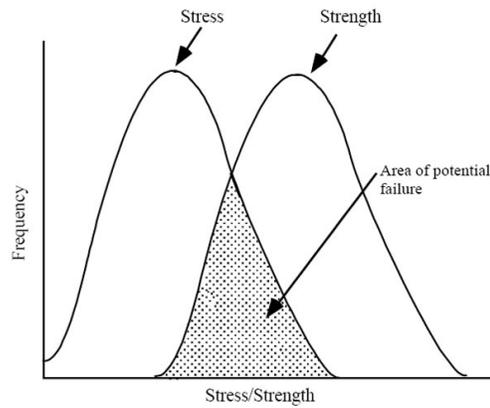
$x(t) = 1$  (kondisi mesin dalam keadaan baik pada saat t)

$x(t) = 0$  (kondisi mesin dalam keadaan buruk pada saat t)

Terdapat 5 macam analisis keandalan, yaitu :

- a. penurunan blok diagram  
 analisis menggunakan penurunan blok diagram dapat dilakukan dengan cara memodelkan komponen dan mesin ke dalam suatu diagram blok keandalan. Dari diagram blok keandalan ini, dapat dihitung nilai keandalan dari komponen dan mesin tersebut. Analisis seperti ini tergolong mudah tetapi hanya terbatas untuk mesin yang sederhana.
- b. model-model matematis  
 para analis dalam menganalisis suatu mesin dengan menggunakan model matematis memiliki tujuan agar mesin yang dianalisis dapat dikontrol kinerjanya. Model matematis guna menganalisis mesin biasanya memuat suatu system yang berisi variable-variabel. Variable-variabel tersebut tergabung dan saling terhubung dalam persamaan-persamaan.
- c. analisis stress strength  
 analisis stress strength adalah salah satu metode menganalisis suatu mesin dengan memfokuskan pada aspek stress dan strength. Analisis ini adalah analisis yang sering digunakan. Strength memiliki maksud yaitu kekuatan material penyusun mesin tersebut dan stress adalah batasan-batasan yang dimiliki oleh mesin tersebut (apabila di luar batasan, kerja mesin akan menurun). Variable yang berpengaruh untuk distribusi stress ada 2 yaitu : rata-rata ( $\mu_x$ ) dan standar deviasi ( $s_x^2$ ). Variable yang berpengaruh untuk distribusi strength ada 2 yaitu : rata-rata ( $\mu_y$ ) dan standar deviasi ( $s_y^2$ ). Bila dua distribusi ini digabungkan, maka akan terjadi interferensi.

Kurva interferensi stress – strength:



Gambar 3 : kurva interferensi stress-strength

Daerah yang diarsir merupakan daerah dimana kerusakan terjadi (daerah kegagalan). Kerusakan terjadi apabila  $\text{stress} > \text{strength}$ . Bisa dikatakan, semakin kecil daerah kegagalan, maka semakin andal mesin tersebut.

Cara termudah untuk menghitung interferensi stress strength adalah apabila distribusi stress adalah distribusi normal dan distribusi strength juga distribusi normal. Persamaan untuk menghitung interferensi :

$$Z = - \frac{\mu_x - \mu_y}{\sqrt{s_x^2 + s_y^2}}$$

Z = probabilitas kegagalan

- d. analisis worst case  
 analisis worst case adalah salah satu metode menganalisis suatu mesin dengan mempertimbangkan kejadian terburuk yang akan terjadi pada mesin tersebut. Analisis dimulai dengan menentukan kejadian terburuk apa yang akan terjadi pada mesin selama pemakaian mesin tersebut. Analisis worst case digunakan untuk mendeteksi performa sebuah mesin bila bekerja dalam kondisi worst case. Worst case yang dimaksud di sini adalah kasus-kasus di luar batasan mesin tersebut. Kasus-kasus ini ada yang berasal dari luar (factor luar) dan ada yang berasal dari system operasi (factor dalam). Contoh factor luar adalah suhu, perubahan cuaca, kelembapan, dll. contoh factor dalam adalah asupan listrik yang masuk ke mesin (bila mesin menggunakan listrik), kualitas komponen yang membangun mesin tersebut, umur mesin, dll.
- e. analisis sneak circuit  
 analisis sneak circuit adalah salah satu metode untuk menganalisis suatu mesin dengan cara mengidentifikasi sesuatu yang tersembunyi yang dapat mengakibatkan kejadian-kejadian yang

tidak diinginkan (menemukan kesalahan yang bukan merupakan kesalahan komponen penyusunnya). Analisis sneak circuit ini mengharuskan analisis untuk melihat mesin dari sudut pandang yang berbeda untuk menemukan hal-hal yang tersembunyi dalam mesin. Analisis sneak circuit lebih sering digunakan untuk menganalisis suatu rangkaian listrik. Dalam menganalisis rangkaian listrik, ada 4 tipe sneak condition (kondisi yang kurang tepat), yaitu :

- bentuk yang kurang tepat
- pemilihan waktu yang kurang tepat
- indikasi (petunjuk atau tanda-tanda) yang kurang tepat
- pemberian nama yang kurang tepat

### II.3.4 Fungsi Keandalan

$$R(t) = P(x(t) = 1)$$

$R(t)$  = keandalan mesin saat  $t$

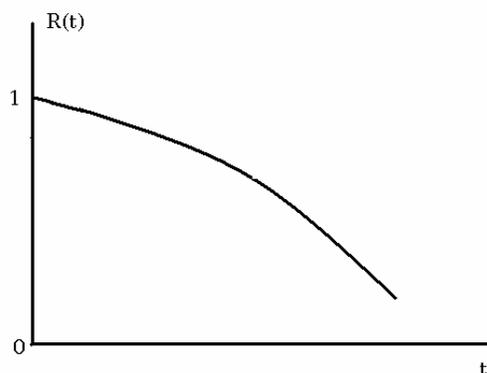
Nilai  $R$  seperti probabilitas memiliki nilai dalam range  $0 \leq R \leq 1$ .

$R = 1$  menyatakan bahwa mesin bekerja dengan baik

$R = 0$  menyatakan bahwa mesin bekerja dengan buruk

Fungsi keandalan adalah fungsi yang berhubungan dengan waktu (waktu pengoperasian mesin).

Kurva keandalan :



Gambar 4 : kurva keandalan terhadap waktu

Fungsi keandalan memiliki beberapa sifat :

- $0 \leq R(t) \leq 1$
- Kurva tidak monoton naik
- $R(\infty) = 0$  dan  $R(0) = 1$

### III. KESIMPULAN

Dari pembahasan mengenai teori keandalan di atas, dapat disimpulkan bahwa :

- teori keandalan dapat digunakan untuk mengetahui keandalan (kinerja) suatu mesin. Apabila nilai keandalannya kecil, maka mesin sudah tidak bekerja dengan baik. Sebaliknya, apabila nilai keandalannya besar, maka mesin

bekerja dengan baik.

- Perawatan mesin menentukan tingkat keandalan mesin. Mesin yang dirawat dengan baik akan memiliki keandalan yang baik pula. Mesin yang dirawat dengan baik juga memiliki jangka waktu pemakaian yang lebih lama
- Keandalan suatu mesin dapat dilihat dari fungsi mesin tersebut, batasan-batasan mesin tersebut, dan waktu pemakaian mesin tersebut
- 5 analisis untuk mengetahui keandalan suatu mesin yaitu : penurunan blok diagram, model-model matematis, analisis stress strength, analisis worst-case, dan analisis sneak circuit

### REFERENSI

- Walpole, dkk, Probability & Statistics for Engineers & Scientists, 194 – 195, Pearson Education International, New Jersey, 2007
- <http://www.informatika.org/~rinaldi/Probstat/2010-2011/Beberapa%20Distribusi%20Peluang%20Kontinu.pdf> (diakses 15 Desember 2010)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Reliability\\_engineering](http://en.wikipedia.org/wiki/Reliability_engineering) (diakses 15 Desember 2010)
- <http://idrel.blogspot.com/> (diakses 15 Desember 2010)
- <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1870/1/matematika-rosman.pdf> (diakses 16 Desember 2010)
- [http://www.irtc-hq.com/WCA\\_white\\_paper\\_gen.pdf](http://www.irtc-hq.com/WCA_white_paper_gen.pdf) (diakses 16 Desember 2010)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Sneak\\_circuit\\_analysis](http://en.wikipedia.org/wiki/Sneak_circuit_analysis) (diakses 17 Desember 2010)

### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 29 April 2010

Ttd

Melati Budiana Putri  
18209006