Menentukan Keandalan Komponen Mesin Produksi Pada Model *Stress Strength* yang Berdistribusi Gamma

Muh Nurcahyo Utomo dan Farida Agustini Widjajati
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: farida@matematika.its.ac.id

***Abstrak*—Dalam dunia perindustrian, produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan akan sangat diperhatikan. Kualitas dari suatu produk akan sangat ditentukan oleh tingkat keandalan komponen mesin produksinya. Salah satu aplikasi dari distribusi Gamma adalah tentang keandalan komponen. Dalam menentukan fungsi keandalan pada Model *Stress Strength* digunakan kurva interferensi dari *Stress-Strength*. Jika *Stress-Strength* berdistribusi Gamma, didapatkan fungsi keandalan yang berupa fungsi beta tak lengkap, $B_x(n,m) = \frac{\Gamma(m+n)}{\Gamma(m)\Gamma(n)}\int_0^x (1-u)^{m-1}u^{n-1}du$. Dengan batas integrasi 0 sampai 0,5, saat parameter skala 1 dan batas integrasi 0 sampai $\frac{r}{r+1}$ saat parameter skala selain 1 dimana $r = \frac{\mu}{\lambda}$. Perhitungan dari studi kasus pada mesin pembuat pupuk di PT Petrokimia Gresik Cabang Nganjuk menggunakan fungsi keandalan dengan bantuan *sofware* Matlab, didapat hasil bahwa masing-masing mesin bekerja dalam kondisi prima, dan laju kerusakan tergolong konstan.**

***Kata Kunci*—Model *Stress-Strength*, Interferensi, Distribusi Gamma, Fungsi Beta Tak Lengkap.**

I. PENDAHULUAN

DALAM dunia perindustrian di Indonesia, 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 dari tingkat 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.

PT Petrokimia Gresik merupakan perusahaan milik negara dan produsen pupuk terlengkap di Indonesia yang memproduksi berbagai macam pupuk, seperti: Urea, ZA, SP-36, NPK Phonska, DAP, NPK Kebomas, ZK dan pupuk organik yaitu Petroganik. PT Petrokimia Gresik juga telah memproduksi produk non pupuk seperti Asam Sulfat, Asam fosfat, Amoniak, Dry Ice, Aluminum Fluoride, Cement Retarder, dll. Keberadaan PT Petrokimia Gresik adalah untuk mendukung program Pemerintah meningkatkan produksi pertanian nasional [1]. Sebagai perusahaan yang besar dan mendukung program pemerintah, sudah seharusnya PT Petrokimia Gresik menjaga kualitas dari produk-produknya. Kualitas suatu produk sangat ditentukan dari mesin pembuatnya. Suatu produk akan berkualitas baik apabila mesin produksinya andal.

Kesalahan dalam pembuatan suatu produk dapat mengurangi keandalan dari produk tersebut dan mengakibatkan menurunnya minat konsumen akan produk tersebut. Keandalan komponen sangat berpengaruh dalam hal perindustrian, terutama saat membuat produk tertentu dalam skala besar.

Keandalan komponen menentukan kualitas dari suatu barang yang dapat menentukan kepuasan konsumen akan produk tersebut. Keandalan suatu mesin sangat dipengaruhi oleh cara perawatan mesin itu sendiri. Keandalan suatu komponen sering diartikan sebagai peluang komponen akan berfungsi dengan baik jika dioperasikan dalam kondisi tertentu. Artinya daya tahan atau tingkat kekuatan *(Strength)* komponen dalam menghadapi gaya atau tekanan *(Stress)* yang membebani komponen tersebut. Keandalan seperti probabilitas, yaitu memiliki nilai 0-1 [2].

Pada penelitian sebelumnya sudah ada yang membahas tentang teori keandalan, yang berjudul "Teori Keandalan Sebagai Aplikasi dari Distribusi Eksponensial". Penelitian ini dikerjakan oleh Melati Budiana Putri, mahasiswa Teknik Elektro ITB.Dan pada tugas akhir ini, dikembangkan dengan menggunakan distribusi gamma.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Distribusi Gamma

Distribusi gamma adalah distribusi peluang kontinu. Fungsi gamma didefinisikan sebagai berikut:

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

Peubah acak kontinu X berdistribusi gamma dengan parameter α dan λ, jika fungsi padat peluangnya berbentuk:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\lambda^\alpha x^{\alpha-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(\alpha)} & , x > 0 \\ 0 & , untuk\ x\ yang\ lain \end{cases}$$

dengan $\alpha > 0$ dan $\lambda > 0$ [4].

Mean dan variansi dari distribusi gamma adalah sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\alpha}{\lambda}\ dan\ \sigma^2 = \frac{\alpha}{\lambda^2}.$$

B. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial adalah distribusi khusus dari distribusi gamma dengan$\alpha = 1$, peubah acak kontinu X mempunyai distribusi eksponensial dengan parameter β, jika fungsi padat peluangnya berbentuk [3]:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta} e^{\frac{-x}{\beta}} & , untuk\ x \geq 0 \\ 0 & , untuk\ x\ yang\ lain \end{cases}$$

dengan $\beta > 0$.

Mean dan variansi dari distribusi eksponensial adalah sebagai berikut:

$$\mu = \beta\ dan\ \sigma^2 = \beta^2.$$

C. Keandalan *(Reliability)*

Andal dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia memiliki dua arti. Pertama, andal berarti dapat dipercaya. Kedua, andal juga dapat berarti memberikan hasil yang sama pada percobaan yangberulang.

Keandalan suatu produk seperti sebuah probabilitasyang bernilai 0-1. Terdapat tiga faktor yang menentukan keandalan suatu mesin, yaitu: fungsi mesin, keadaantertentu (batasan mesin), dan masa pakai mesin tersebut.

Fungsi mesin adalah faktor utama yang menentukan keandalan suatu mesin. Suatu mesin dapat dikatakanandal apabila mesin tersebut bisa melakukan kerja sesuai fungsi mesin itu sendiri. Sebaliknya, apabila mesintersebut tidak bisa menjalankan fungsi sebagaimanamestinya, mesin tersebut bisa dikatakan tidak andal.

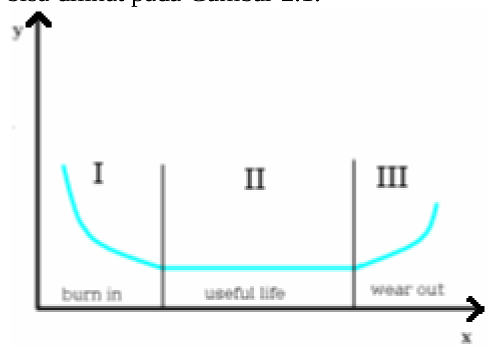
Keadaan tertentu atau yang sering disebut sebagai batasan mesin adalah keadaan dimana mesin dapat bekerja secara optimal.Batasan-batasan itu seperti temperatur, tegangan, dll.Batasan-batasan ini tertera pada spesifikasi mesin tersebut. Apabila mesin dipaksakan untuk bekerja di luar batasan itu, mesin 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 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 [2].

1. Laju Kerusakan

Dalam jangka waktu pemakaiannya, mesin akan mengalami kerusakan. Baik kerusakan kecil maupun kerusakan berat.Kerusakan itu mengakibatkan menurunnnya 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.Kurva laju kerusakan terhadap waktu bisa dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 1. 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* [2].

1. *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.

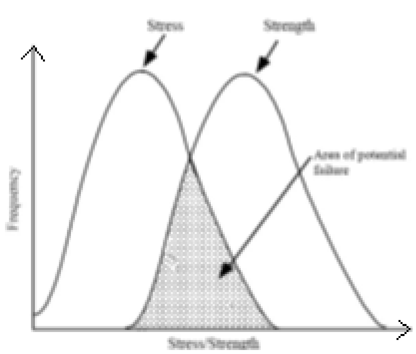
2. *Useful life*: pada daerah ini laju kerusakan tergolong konstan. Pada fase ini, mesin bekerja dalam kondisi paling prima. Pada fase ini, persamaan keandalannya adalah
   $R(t) = e^{-\lambda t}$.
   dengan:
   R: keandalan (%)
   λ: laju kerusakan
   t: waktu
3. *Wear out*: pada daerah ini, mesin sudah digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama. Akan terjadi beberapa kerusakan di sana sini. Itu yang menyebabkan laju kerusakan meningkat dari waktu ke waktu.

2. 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 variabel 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).

Model yang digunakan untuk menganalisis keandalan suatu mesin adalah Model *Stress Strength*. Analisis *Stress Strength* adalah salah satu model yang menganalisis suatu mesin dengan memfokuskan pada aspek *Stress* dan *Strength*. Analisis ini adalah analisis yang sering digunakan.*Strength* yaitu kekuatan material penyusun mesin tersebut dan *Stress* adalah batasan-batasan yang dimiliki oleh mesin tersebut (apabila di luar batasan, kerja mesin akan menurun).

Nilai keandalan pada Model *Stress Strength* dapat dihitung jika fungsi densitas (pdf) variabel random *Stress* dan *Strength* diketahui. Misalkan fungsi densitas untuk *Strength* (*S*) dinotasikan dengan $f_S(S)$ dan fungsi densitas untuk *Stress* (*s*) dinotasikan dengan $f_s(s)$ dimana posisi distribusi variabel *Stress* dan variabel *Strength* disajikan dalam Gambar 2.2 [4]:



Gambar 2. Kurva Interferensi *Stress-Strength*.

Daerah yang diarsir merupakan daerah dimana kerusakan terjadi (daerah kegagalan).Kerusakan terjadi apabila *Stress*>*Strength*.Bisa dikatakan, semakin kecil daerah kegagalan, maka semakin andal mesin tersebut.

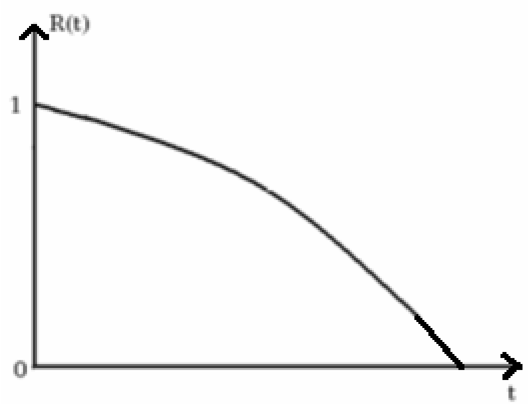
3. Fungsi Keandalan

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

Dengan:
Nilai R seperti probabilitas memiliki nilai dalam range $0 \leq R \leq 1$ [5].
$R(t)$: keandalan mesin saat t.
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).Pada Gambar 2.3 disajikan kurva keandalan terhadap waktu.

Kurva keandalan [5]:



Gambar 3.: Kurva Keandalan Terhadap Waktu.

Fungsi keandalan memiliki beberapa sifat:

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

III. PEMBAHASAN DAN HASIL

A. Menentukan Fungsi Keandalan Komponen Pada Model*Stress Strength*

Keandalan pada model *Stress-strength* merupakan peluang bahwa *Strength* lebih besar dari *Stress*. Keandalan dapat dihitung jika fungsi kepadatan peluang (pdf) variabel random *Stress* dan *Strength* diketahui. Misalkan fungsi kepadatan peluang untuk *Strength* (*S*) dinotasikan oleh $f_S(S)$

dan fungsi kepadatan peluang untuk *Stress* (*s*) dinotasikan dengan $f_s(s)$.

Keandalan didefinisikan sebagai peluang bahwa *Stress* lebih kecil dari *Strength*. Jika ditulis dalam persamaan matematika menjadi [6]:

$$R = P(s < S) = P(S > s)$$

dengan R adalah keandalan komponen.

Persamaan (1) dapat ditulis sebagai berikut [6]:

$$R = \int_{-\infty}^{\infty} f_s(s) \left[\int_{s}^{\infty} f_S(S)\,dS \right] ds$$

Selanjutnya akan ditentukan persamaan untuk ketidakandalan yang menyatakan peluang bahwa komponen akan gagal yaitu:

$$\bar{R} = 1 - R = P(S \le s)$$

Dengan mensubstitusikan R dari persamaan (2) diperoleh:

$$\bar{R} = P(S \le s) = 1 - \int_{-\infty}^{\infty} f_s(s) \left[\int_{s}^{\infty} f_S(S)\,dS \right] ds$$

$$= 1 - \int_{-\infty}^{\infty} f_s(s)\,[1 - F_S(s)]\,ds$$

$$= 1 - \int_{-\infty}^{\infty} f_s(s)\,ds + \int_{-\infty}^{\infty} F_S(s) f_s(s)\,ds$$

$$= 1 - 1 + \int_{-\infty}^{\infty} F_S(s) f_s(s)\,ds$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} F_S(s) f_s(s)\,ds$$

Diberikan sebuah variabel baru $y = S - s$, sehingga keandalan komponen dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$R = P(y > 0)$$

dan diasumsikan bahwa *S* dan *s* variabel acak yang lebih besar atau sama dengan 0, maka fungsi densitas dari variabel y adalah:

$$f_y(y) = \int_{s}^{\infty} f_S(y+s) f_s(s)\,ds \qquad (3)$$

$$= \begin{cases} \int_{0}^{\infty} f_S(y+s) f_s(s)\,ds \\ \int_{-y}^{\infty} f_S(y+s) f_s(s)\,ds \end{cases}$$

Didapatkan persamaan ketidakandalan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \int_{-\infty}^{\infty} f_y(y)\,dy$$

$$= \int_{-\infty}^{0} \int_{-y}^{\infty} f_S(y+s) f_s(s)\,ds\,dy \qquad (1)$$

Dan persamaan keandalan komponen dinyatakan dengan:

$$R = \int_{-\infty}^{\infty} f_y(y)\,dy \qquad (2)$$

$$= \int_{0}^{\infty} \int_{0}^{\infty} f_S(y+s) f_s(s)\,ds\,dy$$

B. Menentukan Fungsi Keandalan Komponen bila *Stress* dan *Strength* Berditribusi Gamma

Diketahui pdf Distribusi Gamma sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{\lambda^n x^{n-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(n)} \quad ; n > 0, \lambda > 0, 0 < x < \infty \qquad (4)$$

dengan λ sebagai parameter skala dan n sebagai parameter bentuk.

Untuk kasus $\lambda = 1$, persamaan (4) menjadi:

1. Pdf *Strength* Berdistribusi Gamma

$$f_S(S) = \frac{1}{\Gamma(m)} S^{m-1} e^{-S} \quad ,0 < S < \infty, m > 0$$

2. Pdf *Stress* Berdistribusi Gamma

$$f_s(s) = \frac{1}{\Gamma(n)} s^{n-1} e^{-s} \quad ,0 < s < \infty, n > 0$$

dengan menggunakan persamaan (3), dimana $y = S - s$ diperoleh:

$$f_y(y) = \int_{0}^{\infty} f_S(y+s) f_s(s) \quad ; y > 0$$

Maka diperoleh:

$$f_y(y) = \frac{1}{\Gamma(m)\Gamma(n)} e^{-y} \int_{0}^{\infty} (y+s)^{m-1} e^{-2s} s^{n-1}\,ds$$

Misal $v = \frac{s}{y}$. Maka $dv = \left(\frac{1}{y}\right) ds$. Sehingga diperoleh:

$$f_y(y) = \frac{1}{\Gamma(m)\Gamma(n)} y^{m+n-1} e^{-y} \int_{0}^{\infty} (1+v)^{m-1} e^{-2vy} v^{n-1}\,dv$$

Karena itu:

$$R = \int_{0}^{\infty} f_y(y)\,dy$$

$$= \frac{1}{\Gamma(m)\Gamma(n)} \int_{0}^{\infty} y^{m+n-1} e^{-(1+2v)y}\,dy \int_{0}^{\infty} (1+v)^{m-1} v^{n-1}\,dv$$

Diketahui fungsi gamma sebagai berikut:

$$\frac{\Gamma(\alpha)}{t^{\alpha}} = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-t(x)}\, dx$$

Maka,

$$\int_0^{\infty} y^{m+n-1} e^{-(1+2v)y}\, dy = \frac{\Gamma(m+n)}{(1+2v)^{m+n}}$$

Sehingga didapatkan:

$$R = \frac{\Gamma(m+n)}{\Gamma(m)\Gamma(n)} \int_0^{\infty} \frac{(1+v)^{m-1} v^{n-1} dv}{(1+2v)^{m+n}}$$

Dengan memisalkan:

$$u = \frac{v}{1+2v}$$

Sehingga didapatkan:

$$R = \frac{\Gamma(m+n)}{\Gamma(m)\Gamma(n)} \int_0^{\frac{1}{2}} (1-u)^{m-1} u^{n-1} du \qquad (5)$$

Integral pada persamaan (5) merupakan fungsi Beta yang tidak lengkap, sehingga didapatkan fungsi keandalan,

$$R = \frac{\Gamma(m+n)}{\Gamma(m)\Gamma(n)} B_{\frac{1}{2}}(n,m)$$

Untuk kasus $\lambda \neq 1$, persamaan (4) menjadi:

1. Pdf *Strength* Berdistribusi Gamma

$$f_S(S) = \frac{\lambda^m}{\Gamma(m)} S^{m-1} e^{-\lambda S} \quad ,0 < S < \infty, m > 0, \lambda > 0$$

2. Pdf *Stress* Berdistribusi Gamma

$$f_s(s) = \frac{\mu^n}{\Gamma(n)} s^{n-1} e^{-\mu s} \quad ,0 < s < \infty, n > 0, \mu > 0$$

dengan menggunakan persamaan (3), dimana $y = S - s$ diperoleh:

$$f_y(y) = \frac{\lambda^m \mu^n}{\Gamma(m)\Gamma(n)} \int_0^{\infty} (y+s)^{m-1} e^{-\lambda y - \lambda s - \mu s} s^{n-1} ds$$

Misal $v = \frac{s}{y}$. Maka $dv = \left(\frac{1}{y}\right) ds$. Sehingga diperoleh:

$$= \frac{\lambda^m \mu^n}{\Gamma(m)\Gamma(n)} y^{m+n-1} e^{-\lambda y} \int_0^{\infty} (1+v)^{m-1} e^{-vy(\lambda+\mu)} v^{n-1} dv$$

Karena itu:

$$R = \int_0^{\infty} f_y(y)\, dy$$

$$= \frac{\lambda^m \mu^n}{\Gamma(m)\Gamma(n)} \int_0^{\infty} y^{m+n-1} e^{-(\lambda+v\lambda+v\mu)y} dy \int_0^{\infty} (1+v)^{m-1} v^{n-1} dv$$

Diketahui fungsi gamma sebagai berikut:

$$\frac{\Gamma(\alpha)}{t^{\alpha}} = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-t(x)}\, dx$$

Maka:

$$\int_0^{\infty} y^{m+n-1} e^{-(\lambda+v\lambda+v\mu)y} dy = \frac{\Gamma(m+n)}{(\lambda+v\lambda+v\mu)^{m+n}}$$

Maka:

$$R = \frac{\lambda^m \mu^n \Gamma(m+n)}{\Gamma(m)\Gamma(n)} \int_0^{\infty} \frac{(1+v)^{m-1} v^{n-1} dv}{(\lambda+v\lambda+v\mu)^{m+n}}$$

Dengan $r = \frac{\mu}{\lambda}$, maka:

$$R = \frac{r^n \Gamma(m+n)}{\Gamma(m)\Gamma(n)} \int_0^{\infty} \frac{(1+v)^{m-1} v^{n-1} dv}{(1+(1+r)v)^{m+n}}$$

Dengan memisalkan:

$$u = \frac{rv}{1+(1+r)v}$$

Sehingga didapatkan:

$$R = \frac{\Gamma(m+n)}{\Gamma(m)\Gamma(n)} \int_0^{\frac{r}{1+r}} (1-u)^{m-1} u^{n-1} du \qquad (6)$$

Integral pada persamaan (6) merupakan fungsi Beta yang tidak lengkap, sehingga didapatkan fungsi keandalan,

$$R = \frac{\Gamma(m+n)}{\Gamma(m)\Gamma(n)} B_{\frac{r}{1+r}}(m,n) \qquad (7)$$

C. Studi Kasus Keandalan Komponen pada Mesin Pupuk PT Petrokimia Gresik Cabang Nganjuk

Untuk mengetahui tingkat keandalan komponen masing-masing mesin, akan dilakukan perhitungan dari data mesin menggunakan fungsi keandalan yang sudah didapatkan pada persamaan (7). Dengan kekuatan komponen sebagai (λ), tekanan beban sebagai (μ), dinamo sebagai (m), dan perputaran mesin sebagai (n)[6].

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab, dan hasil dari perhitungan menggunakan GUI Matlab bisa dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 1.
Hasil Perhitungan Tingkat Keandalan Mesin Pada Tanggal 1 November 2013.

Mesin	Tingkat Keandalan
Penghalus	98,61%
Pan Granulator	98,09%
Pengering	95,88%
Pendingin	90,71%

Tabel 2.
Hasil Perhitungan Tingkat Keandalan Mesin Pada Tanggal 8 November 2013.

Mesin	Tingkat Keandalan
Penghalus	97,11%
Pan Granulator	97,69%
Pengering	95,40%
Pendingin	89,95%

Tabel 3.
Hasil Perhitungan Tingkat Keandalan Mesin Pada Tanggal 15 November 2013.

Mesin	Tingkat Keandalan
Penghalus	96,64%
Pan Granulator	96,14%
Pengering	94,47%
Pendingin	88,81%

Tabel 4.
Hasil Perhitungan Tingkat Keandalan Mesin Pada Tanggal 22 November 2013.

Mesin	Tingkat Keandalan
Penghalus	97,80%
Pan Granulator	97,00%
Pengering	94,69%
Pendingin	91,30%

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam menentukan fungsi keandalan pada Model *Stress Strength* digunakan kurva interferensi dari *StressStrength* tersebut. Dan didapatkan fungsi keandalan sebagai berikut:

$$R = \int_0^\infty \int_0^\infty f_S(y+s) f_s(s)\, ds\, dy$$

2. Fungsi keandalan yang didapat bila *Stress* dan *Strength* berdistribusi Gamma adalah fungsi beta yang tidak lengkap.
   Untuk kasus $\lambda = 1$, didapatkan:

$$R = \frac{\Gamma(m+n)}{\Gamma(m)\,\Gamma(n)} B_{\frac{1}{2}}(n,m)$$

   Untuk kasus $\lambda \neq 1$, didapatkan:

$$R = \frac{\Gamma(m+n)}{\Gamma(m)\,\Gamma(n)} B_{\frac{r}{1+r}}(n,m)$$

3. Dari hasil perhitungan studi kasus pada mesin pupuk PT Petrokimia Gresik Cabang Nganjuk menggunakan fungsi keandalan dengan bantuan *sofware* Matlab, didapat hasil bahwa masing-masing mesin bekerja dalam kondisi prima, dan laju kerusakan tergolong konstan. Hal ini disebabkan karena di PT Petrokimia Gresik Cabang Nganjuk selalu dilakukan perawatan rutin untuk masing-masing mesin, yaitu seminggu sekali setiap hari Jum'at.

DAFTAR PUSTAKA

[1] http://www.petrokimia-gresik.com/ (diakses pada tanggal 28 Agustus 2013 pukul 14.38).

[2] Budiana Putri, Melati. (2010). "Teori Keandalan sebagai Aplikasi Distribusi Eksponensial". **Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung**, Hal 1-5.

[3] Walpole, dkk. (2007). "Probability & Statistics for Engineers & Scientists". **Pearson Education International**, Hal 194-195.

[4] http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1870/1/matematikarosman.pdf (diakses pada tanggal 28 Agustus 2013 pukul 18.33).

[5] Hines, William W, Montgomery, Douglas C. (1990). "Probabilita dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen". **Universitas Indonesia**, Hal 593-599.

[6] Dhillon, Balbir S. (1979). "Stress-Strength Reliability Models". **University of Ottawa**, Hal 513.