

# Usulan Peningkatan Keandalan Komponen Kritis Pada Mesin SPM (*Spiral Pipe Machine*) 2000 (Studi Kasus di PT. KHI *Pipe Industries*)

Pramitha Rohendi<sup>1</sup>, Evi Febianti<sup>2</sup>, Putro Ferro Ferdinant<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

[Pramitha.rohendi@yahoo.com](mailto:Pramitha.rohendi@yahoo.com)<sup>1</sup>, [evifebianti@yahoo.com](mailto:evifebianti@yahoo.com)<sup>2</sup>, [putro\\_ferro@ft-untirta.ac.id](mailto:putro_ferro@ft-untirta.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

PT. KHI *Pipe Industries* merupakan penghasil pipa baja terbesar di Indonesia. PT.KHI *Pipe Industries* menghasilkan 2 jenis pipa baja yaitu pipa baja spiral dan longitudinal. Pipa baja spiral yang dihasilkan lebih bervariasi berdasarkan diameter pipa, sedangkan pipa baja longitudinal menghasilkan diameter pipa yang relative konstan. Penelitian ini difokuskan pada mesin SPM (*Spiral Pipe Machine*) 2000 karena memproduksi pipa spiral dengan diameter pipa 12 inchi-120 inchi. Dengan kemampuan menghasilkan pipa baja yang bervariasi mengakibatkan terjadinya *failure time* yang berpengaruh pada proses produksi, *failure time* terjadi karena ketebalan bahan baku (*coil*) dan getaran yang dihasilkan oleh mesin SPM 2000. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan komponen kritis pada mesin SPM 2000, menentukan nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) dan reliabilitas komponen kritis, dan meningkatkan keandalan kompoen kritis. Penelitian ini mengidentifikasi kerusakan komponen kritis berdasarkan pola kerusakan berdasarkan *bathtub curve*. Hasil penelitian menunjukkan komponen kritis yang terjadi yaitu komponen *edge milling* dengan 36 kali kerusakan dalam 1 tahun selama 7013 menit, komponen *maindrive* dengan 20 kali kerusakan dalam 1 tahun selama 3964 menit, dan komponen *cross welding* dengan 11 kali kerusakan selama 1 tahun selama 1066 menit. Sedangkan nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) dan reliabilitas pada komponen kritis adalah : pada komponen *edge milling* didapatkan nilai MTTF sebesar 11102,31 menit dalam 1 tahun dengan nilai reliabilitas sebesar 27%, sedangkan komponen *maindrive* didapatkan nilai MTTF sebesar 15172,18 menit dalam 1 tahun dengan nilai reliabilitas sebesar 28%, dan pada komponen *cross welding* didapatkan nilai MTTF sebesar 26934,44 menit dalam 1 tahun dengan nilai reliabilitas sebesar 35%. Hasil peningkatan keandalan pada komponen *edge milling* menjadi 30% dengan nilai *t* sebesar 12713,46 menit selama 1 tahun, dan hasil peningkatan keandalan pada komponen *maindrive* menjadi 32% dengan nilai *t* sebesar 17218,46 menit selama 1 tahun, sedangkan hasil peningkatan keandalan pada komponen *cross welding* menjadi 48% dengan nilai *t* sebesar 27214,77 menit selama 1 tahun.

**Kata Kunci:** *Failure Time, Komponen Kritis, MTTF (Mean Time To Failure), Pola Kerusakan, Reliabilitas*

## PENDAHULUAN

Manajemen perawatan dapat digunakan untuk membuat suatu kebijakan mengenai aktivitas perawatan dan dapat mempengaruhi nilai keandalan dari mesin tersebut. Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi (Ebeling,1997). Untuk mengukur tingkat keandalan suatu komponen dapat digunakan sejumlah parameter yang ada dalam teknik keandalan (*reliability engineering*). Parameter-parameter tersebut antara lain rata-rata lama pakai atau MTTF (*Mean Time To Failure*) dan laju kerusakan (*failure rate*) (Ebeling,1998).

PT. KHI *Pipe Industries* menghasilkan 2 macam pipa baja yaitu pipa spiral dan longitudinal. PT. KHI *Pipe Industries* memiliki 2 tipe mesin yaitu mesin SPM (*Spiral Pipe Machine*) untuk menghasilkan pipa spiral dan mesin ERW (*Electric Resistance Welding*) untuk menghasilkan pipa longitudinal. Diameter pipa baja yang dihasilkan mesin ERW relatif konstan. Sedangkan pada mesin SPM dapat menghasilkan ukuran diameter yang bervariasi. Penelitian difokuskan pada mesin SPM 2000 yang dapat menghasilkan diameter pipa spiral yang lebih variatif, dan berdasarkan wawancara mesin SPM 2000 memiliki produktivitas mesin mencapai 100 %. Mesin SPM 2000 memiliki beberapa bagian komponen yaitu : *coil carriage, stand coil, pre flattener, cross welding, flattener, edge milling, guide roller, maindrive, pre bending, brushing, forming, IW, OW, flux recovery, double coulomb, ultrasonic, pipe run-off, compressor* dan *power pack*. Dengan

produktivitas mesin yang tinggi yaitu mencapai 100 % dapat mengakibatkan terjadinya *failure time* yang berpengaruh pada proses produksi. Failure time mekanik yang mencapai 88 % menjadi fokus penelitian. Karena *failure time* mekanik yang terjadi akan berakibat terhentinya proses produksi. Dan komponen mekanik menjadi inti berjalannya proses produksi dari pipa baja spiral. *Failure time* mekanik dapat disebabkan oleh ketebalan *coil* dan getaran yang dihasilkan oleh mesin SPM 2000.

Berdasarkan uraian diatas untuk mengurangi *failure time* yang terjadi, maka peneliti melakukan identifikasi kerusakan komponen kritis berdasarkan pola kerusakan sehingga menghasilkan usulan peningkatan kehandalan pada komponen kritis dengan *screening and burn-in testing* yang dapat menghasilkan peningkatan kehandalan dan umur pakai komponen kritis pada mesin SPM 2000. Usulan yang dilakukan dengan *screening and burn-in testing* ini berdasarkan pola kerusakan yang terjadi dan dengan mengusulkan waktu pengoperasian tanpa beban pada komponen setelah perawatan maupun perbaikan. Pada penelitian sebelumnya oleh Romadhani (2011) membahas mengenai penjadwalan perawatan pada mesin SPM 2000 dengan metode RCM II. Pada penelitian ini melakukan kebijakan tindakan perawatan pada komponen kritis mesin SPM 2000 dengan membuat *information worksheet* dengan menggunakan RCM II (*Reliability Centered Maintenance*). Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Saputro (2013) membahas usulan penjadwalan dengan pertimbangan RBD (*Reliability Block Diagram*) pada mesin SPM 2000. Penelitian ini menghasilkan nilai RBD (*Reliability Block Diagram*) atau nilai reliability system pada mesin SPM 2000 sebesar 72 %.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dimulai dari melakukan observasi lapangan untuk mengetahui kondisi dari objek yang akan diteliti dan melukan studi literatur untuk mengetahui dasar-dasar dari penelitian yang dilakukan, kemudian merumuskan masalah untuk mengetahui apa saja permasalahan kemudian dijadikan tujuan dari penelitian, dan menentukan batasan masalah untuk memfokuskan penelitian. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini data waktu kejadian kerusakan pada mesin SPM 2000. Dari data tersebut dapat menentukan komponen kritis dan menghitung waktu menuju kerusakan (TTF). Dari data waktu menuju kerusakan kemudian menentukan *probability plot* untuk mengetahui probabilitas penyebaran data terhadap distribusi weibull, normal, lognormal dan eksponensial. Menentukan *probability plot* ini menggunakan *software* minitab 16.

Setelah dilakukan *probability plot* kemudian dilakukan uji hipotesa dengan menggunakan uji *goodness of fit*

untuk mengetahui data mengikuti distribusi tertentu. Uji hipotesa yang dilakukan dengan distribusi weibull, normal, lognormal dan eksponensial. Berikut ini uji hipotesa yang dipakai untuk keempat distribusi tersebut: Uji *Kolmogorov-Smirnov* Untuk Distribusi Normal dan Lognormal:

$$D_n = \left\{ \phi \left( \frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\}, \left\{ \frac{1}{n} - \phi \left( \frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} \quad (1)$$

Dengan:

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}$$

Uji *Bartlett* Untuk Distribusi Eksponensial:

$$B = \frac{\left[ \ln \left( \frac{1}{r} \right) (\sum_{i=1}^r t_i) - \left( \frac{1}{r} \right) (\sum_{i=1}^r \ln t_i) \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (2)$$

Dengan:

$t_i$  = waktu kerusakan

r = jumlah kerusakan dengan wilayah kritis

$$X^2_{1-\alpha/2, r-1} < B < X^2_{\alpha/2, r-1}$$

Uji *Mann's Test* Untuk Distribusi *Weibull*:

$$M = \frac{K_2 \sum_{i=1}^{r-1} \frac{1}{K_1 - 1} + 1 \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{K_2 \sum_{i=1}^{K_1} \frac{1}{K_1 - 1} + 1 \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]} \quad (3)$$

Dengan:

$$K_1 = [r/2]$$

$$K_2 = [(r-1)/2]$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$Z_i = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right]$$

Dengan r adalah jumlah kerusakan. Wilayah kritis terdapat pada  $M < F_{crit}(\alpha, V_1, V_2)$ .  $F_{crit}$  diperoleh dari  $V_1 = 2k_2$  dan  $V_2 = 2k_1$ .

Setelah mengetahui data mengikuti distribusi tertentu, kemudian melakukan perhitungan waktu rata-rata umur pakai atau MTTF (*Mean Time To Failure*) komponen dan mengetahui nilai reliabilitas komponen kritis. Selanjutnya melakukan perhitungan usulan dengan *screening and burn-in testing* untuk meningkatkan kehandalan dan umur pakai komponen kritis dengan cara melakukan pengoperasian tanpa beban.

Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (4)$$

$$R(t) = \exp\left[-\left\{\frac{t}{\Theta}\right\}^\beta\right] \quad (5)$$

Dengan:

$\Theta$  = *Scale* atau skala dari data kerusakan pada komponen

$\beta$  = *Shape* atau pola dari kerusakan komponen

$\Gamma$  = nilai pada table gamma

MTTF = waktu rata-rata pemakaian komponen

$R(t)$  = Nilai reliabilitas

Distribusi Normal

MTTF =  $\mu$

(6)

$$R(t) = \int_t^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt \quad (7)$$

Dengan:

$\mu$  = waktu rata-rata kerusakan komponen

MTTF = waktu rata-rata pemakaian komponen

$R(t)$  = Nilai reliabilitas

Distribusi Lognormal

MTTF =  $\exp \mu$

(8)

$$R(t) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt \quad (9)$$

Dengan:

$\mu$  = waktu rata-rata kerusakan komponen

MTTF = waktu rata-rata pemakaian komponen

$R(t)$  = Nilai reliabilitas

Distribusi Eksponensial

MTTF =  $\frac{1}{\lambda}$

(10)

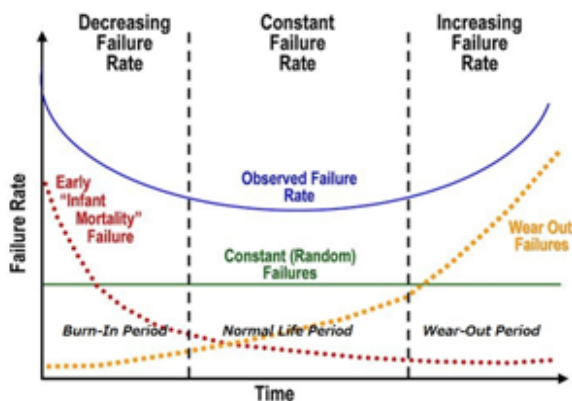
$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (11)$$

$\lambda$  = waktu rata-rata kerusakan komponen

MTTF = waktu rata-rata pemakaian komponen

$R(t)$  = Nilai reliabilitas

Selanjutnya melakukan perhitungan nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) dan nilai *Reliability* (Kehandalan), maka dapat dilakukan identifikasi kerusakan komponen berdasarkan pola kerusakan yang terdapat pada *bathtub curve* berdasarkan nilai parameter  $\beta$  (*shape*). Berikut ini adalah *bathtub curve* :



Gambar 1. *Bathtub Curve*

Kurva diatas terbagi atas tiga daerah yang berbeda dengan pola kerusakan yang berbeda, yaitu :

- a. *Burn-In Periode* (fase kerusakan awal), pada fase ini laju kerusakan sesaat produk terus menurun yang diawali dengan tingkat laju kerusakan yang cukup tinggi pada saat awal operasi ( $t_0$ ) dan terus menurun sampai saat  $t_1$ . Kerusakan pada fase kerusakan awal (*Burn-In Period*) ini dapat dipenuhi oleh distribusi weibull. Pada fase ini dapat dilakukan perbaikan, salah satu perbaikan pada fase ini menggunakan *screening and burn-in testing* dengan memberikan usulan pengoperasian tanpa beban pada saat setelah melakukan perbaikan atau pergantian. Pada *screening and burn-in testing* ini menghasilkan peningkatan umur komponen dan menghasilkan peningkatan nilai reliabilitas komponen tersebut. Berikut ini adalah rumus yang digunakan pada *screening and burn-in testing* :

$$R(t|T_0) = \exp\left[-\left(\frac{t+T_0}{\theta}\right)^\beta + \left(\frac{T_0}{\theta}\right)^\beta\right] \quad (12)$$

$$t_R = \theta \left[-\ln R(t_R|T_0) + \left(\frac{T_0}{\theta}\right)^\beta\right]^{1/\beta} - T_0 \quad (13)$$

Dengan :

$t_R$  = nilai umur pakai

$R(t_R|T_0)$  = nilai *reliability* atau kehandalan pada  $T_0$

$T_0$  = waktu usulan

$\Theta$  = *Scale* atau skala dari data kerusakan pada komponen

$\beta$  = *Shape* atau pola dari kerusakan komponen

- b. *Useful Life Period* (Fase pengoperasian normal), pada fase ini ditandai dengan laju kerusakan sesaat yang konstan. Ini berarti bahwa laju kerusakan sesaat tidak akan bertambah walaupun umur peralatan terus bertambah sampai saat  $t_2$  dan probabilitas rusak alat pada setiap saat adalah sama. Kerusakan pada fase ini dapat dipenuhi oleh distribusi kerusakan weibull dan eksponensial.

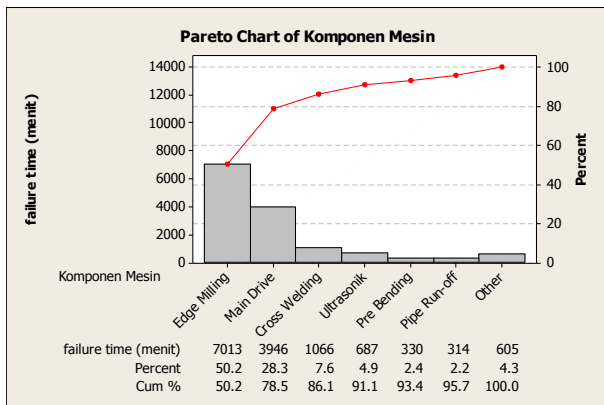
- c. *Wearout Period* (Fase pengoperasian melebihi umur pakai), pada fase ini laju kerusakan sesaat mulai bertambah dari saat  $t_2$ . Bila suatu alat telah memasuki fase ini, sebaiknya dilakukan perawatan pencegahan untuk mengurangi probabilitas kerusakan yang fatal pada masa mendatang. Umumnya pada fase ini dilakukan pergantian komponen yang telah direncanakan secara tepat, yaitu pada saat  $t_2$ , walaupun penentuan pada saat  $t_1$  dan  $t_2$  tersebut tidak mudah dilakukan. Kerusakan pada fase ini dapat dipenuhi oleh distribusi weibull dan normal.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data kerusakan pada mesin SPM (*Spiral Pipe Machine*) 2000 untuk mengetahui bagian komponen mesin yang memiliki *failure rate* paing besar selama 1 tahun yaitu tahun 2013. Pada tahap awal menentukan komponen kritis mesin SPM 2000. Berikut ini adalah merupakan jumlah *failure time* komponen pada mesin SPM 2000:

**Tabel 1. Data Jumlah Failure Time Komponen Mesin SPM 2000 Pada Tahun 2013**

No	Bagian	Failure Time (menit)	Kumulatif
1	Edge Milling	7013	7013
2	Main Drive	3946	10959
3	Cross Welding	1066	12025
4	Ultrasonik	687	12712
5	Pre Bending	330	13042
6	Pipe Run-off	314	13356
7	Guide Roller	265	13621
8	Forming	110	13731
9	Stand Coil	90	13821
10	Brushing	55	13876
11	Power Pack	55	13931
12	Compressor	30	13961
Jumlah		13961 menit	



**Gambar 2. Diagram Pareto failure time Komponen Mesin SPM 2000**

Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan *software* minitab 16, didapatkan bahwa *failure time* yang terbesar selama tahun 2013 komponen *edge milling*, *maindrive* dan *cross welding* mendekati 80%. Dengan *failure time* yang terjadi pada komponen *edge milling* sebesar 7013 menit, komponen *maindrive* sebesar 3946 menit, dan komponen *cross welding* sebesar 1066 menit. Pada komponen *edge milling* memiliki tingkat *failure time* yang paling besar dikarenakan pada komponen *edge milling* ini berfungsi untuk meratakan sisi-sisi dari *coil* agar sesuai dengan

ukuran *coil* yang diinginkan, maka *failure time* ini diakibatkan oleh bearing mengalami pecah. Pada komponen *maindrive* yang berfungsi sebagai inti penggerak *coil* selama jalannya proses produksi pipa spiral dengan *failure time* sebesar 3946 menit ini dapat disebabkan oleh *gear box* yang terdapat beberapa *gear* dan rantai sebagai penghubungnya. Sedangkan *cross welding* dengan fungsi sebagai menggabungan antara *coil* lama dengan *coil* yang baru, pada *cross welding* penyebab *failure* adalah pada bagian roll zigzag. Pada tahap kedua adalah mengidentifikasi probabilitas penyebaran data dengan menggunakan *probability plot*. Identifikasi *probability plot* terhadap distribusi weibull, normal, lognormal dan eksponensial dengan menggunakan *software* minitab 16. Data yang digunakan untuk mengidentifikasi *probability plot* adalah data waktu menuju kerusakan (TTF). Berikut ini adalah hasil TTF dari komponen kritis mesin SPM 2000:

**Tabel 2. Waktu Menuju Kerusakan (TTF) Komponen Edge Milling**

Komponen	Start		Akhir		Day	Hour	TTF (Menit)
	Tanggal	Waktu (menit)	Tanggal	Waktu (menit)			
Edge Milling	January 21, 2013	13.00	January 21, 2013	15.00			
Edge Milling	February 02, 2013	10.00	February 02, 2013	12.00	12	283.00	16980
Edge Milling	February 03, 2013	10.00	February 03, 2013	12.00	1	22.00	1320
Edge Milling	February 06, 2013	09.00	February 06, 2013	11.30	3	69.00	4140
Edge Milling	February 11, 2013	07.00	February 11, 2013	15.30	5	115.70	6942
.....							
Edge Milling	October 08, 2013	02.30	October 08, 2013	06.00	11	263.20	15792

**Tabel 3. Waktu Menuju Kerusakan (TTF) Komponen Maindrive**

Komponen	Start		Akhir		Day	Hour	TTF (Menit)
	Tanggal	Waktu (menit)	Tanggal	Waktu (menit)			
Main Drive	January 13, 2013	07.30	January 13, 2013	14.050			
Main Drive	February 19, 2013	08.00	February 19, 2013	08.45	37	881.95	52917
Main Drive	February 25, 2013	05.00	February 25, 2013	05.30	6	140.55	8433
Main Drive	March 04, 2013	22.30	March 04, 2013	23.45	7	185.00	11100
Main Drive	March 05, 2013	00.00	March 05, 2013	07.30	1	0.55	33
.....							
Main Drive	August 01, 2013	09.00	August 01, 2013	09.45	60	1435.00	86100

**Tabel 4. Waktu Menuju Kerusakan (TTF) Komponen Cross Welding**

Komponen	Start		Akhir		Day	Hour	TTF (Menit)
	Tanggal	Waktu (menit)	Tanggal	Waktu (menit)			
Cross Welding	January 30, 2013	00.35	January 30, 2013	03.00			
Cross Welding	February 02, 2013	02.15	February 02, 2013	02.45	3	71.15	4269
Cross Welding	February 17, 2013	13.00	February 17, 2013	15.06	15	370.55	22233
Cross Welding	February 18, 2013	10.30	February 18, 2013	13.30	1	19.24	1154.4
Cross Welding	April 06, 2013	11.00	April 06, 2013	15.30	47	1125.70	67542
.....							
Cross Welding	August 05, 2013	15.30	August 05, 2013	16.00	15	354.30	21258

Berikut ini adalah salah hasil identifikasi *probability plot*:

**Tabel 5. Hasil Probability Plot Komponen Kritis Mesin SPM 2000**

Komponen	Distribusi			
	Normal	Weibull	Lognormal	Ekspensial
Edge Milling	AD: 3,668 P-Value: <0,05	AD: 0,651 P-Value : 0,085	AD : 1,336 P-Value : <0,05	AD : 5,437 P-Value: <0,03
Maindrive	AD: 2,627 P-Value: <0,05	AD: 0,252 P-Value : >0,250	AD : 0,592 P-Value : 0,153	AD : 2,989 P-Value: <0,03
Cross Welding	AD: 0,841 P-Value: 0,019	AD: 0,336 P-Value : 0,250	AD : 0,249 P-Value : 0,666	AD : 0,442 P-Value: 0,531

Setelah itu dilakukan pengujian *goodness of fit* untuk mengetahui data mengikuti distribusi tertentu. Dari hasil *probability plot* didapatkan untuk komponen *edge milling* dan *maindrive* berdistribusi weibull dan komponen *cross welding* berdistribusi lognormal. Oleh karena itu uji *goodness* pada komponen kritis dengan menggunakan pengujian *mann's test* untuk distribusi weibull dan *kolmogorov smirnov* untuk distribusi normal dan lognormal. Maka setelah dilakukan dengan kedua pengujian tersebut didapatkan ketiga komponen kritis tersebut berdistribusi weibull. Berikut ini adalah hasil pengujian *goodness of fit* pada komponen kritis :

**Tabel 6. Hasil Pengujian Goodness Of Fit Komponen Kritis**

No	Komponen	Pengujian Goodness Of Fit		
		Uji Mann's Test	Uji Barlett Test	Uji Kolmogorov Smirnov
1	Edge Milling	M = 1,03	B = 555,79	D <sub>n</sub> = 0,71
		F <sub>tabel</sub> = 1,77	X <sup>2</sup> <sub>1-0,05/2;35-1</sub> = 33,85 X <sup>2</sup> <sub>0,05/2;35-1</sub> = 51,97 33,85 < 555,97 < 51,97	D <sub>crit</sub> = 0,23
2	Maindrive	M = 1,06	B = 1938,62	D <sub>n</sub> = 0,92
		F <sub>tabel</sub> = 2,20	X <sup>2</sup> <sub>1-0,05/2;19-1</sub> = 17,71 X <sup>2</sup> <sub>0,05/2;35-1</sub> = 31,56 17,71 < 1938,62 < 31,56	D <sub>crit</sub> = 0,19
3	Cross Welding	M = 1,11	B = 125,03	D <sub>n</sub> = 0,79
		F <sub>tabel</sub> = 3,14	X <sup>2</sup> <sub>1-0,05/2;35-1</sub> = 8,56 X <sup>2</sup> <sub>0,05/2;35-1</sub> = 19,02 8,56 < 125,03 < 19,02	D <sub>crit</sub> = 0,29

Setelah mengetahui data mengikuti distribusi tertentu maka dapat menghitung nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) dan nilai reliabilitas pada komponen kritis, nilai MTTF yang didapatkan pada komponen *edge milling* sebesar 11102,31 menit dalam 1 tahun dengan nilai reliabilitas 27%, sedangkan pada komponen *maindrive* nilai MTTF sebesar 15172,18 menit dalam 1 tahun dengan nilai reliabilitas sebesar 28% dan komponen *cross welding* nilai MTTF sebesar 26934,44 menit dalam 1 tahun dengan nilai reliabilitas sebesar 35%.

Dengan mengetahui nilai reliabilitas yang rendah maka memberikan usulan peningkatan kehandalan ini berdasarkan pola atau kerusakan yang terdapat pada *bathtub curve*. Pada penelitian ini berdasarkan parameter  $\beta$  (*shape*) dari ketiga komponen kritis dengan parameter  $\beta$  (*shape*) pada komponen *edge milling* sebesar 0,5904 menit, pada komponen *maindrive* parameter  $\beta$  (*shape*) sebesar 0,6036 menit, dan pada komponen *cross welding* parameter  $\beta$  (*shape*) sebesar 0,9230 menit. Dengan ketentuan  $0 < \beta < 1$  termasuk dalam *Decreasing Failure Rate* (DFR). *Decreasing Failure Rate* (DFR) pada *bathtub curve* terdapat pada *burn-in periode* yaitu kerusakan yang terjadi pada awal penggunaan. Maka hasil *screening and burn-in testing* yang didapatkan pada komponen *edge milling* dengan dilakukan pengoperasian tanpa beban selama 30 menit setiap kali setelah pengecekan komponen pada saat selesai melakukan perbaikan atau pergantian maka didapatkan peningkatan nilai t sebesar 12713,46 menit dengan nilai t sebelumnya sebesar 11102,31 menit dengan nilai *reliabilitas* 27 %. Setelah didapatkan peningkatan nilai t maka didapatkan pula peningkatan nilai *reliabilitas* menjadi 30 %.

Sedangkan hasil *screening and burn-in testing* yang didapatkan pada komponen *maindrive* dengan dilakukan pengoperasian tanpa beban selama 30 menit setiap kali setelah pengecekan pada saat selesai melakukan perbaikan atau pergantian komponen maka

didapatkan peningkatan nilai t sebesar 17218,32 menit dengan nilai t sebelumnya sebesar 15172,18 menit dengan nilai *reliabilitas* 28%. Setelah didapatkan peningkatan nilai t maka didapatkan pula peningkatan nilai *reliabilitas* menjadi 32%. Dan hasil *screening and burn-in testing* yang didapatkan pada komponen *cross welding* dengan dilakukan pengoperasian tanpa beban dengan 30 menit setiap kali setelah pengecekan pada saat selesai perbaikan atau pergantian komponen maka didapatkan peningkatan nilai t sebesar 27214,77 menit dengan nilai t sebelumnya sebesar 26934,44 menit dengan nilai *reliabilitas* 35%. Setelah didapatkan peningkatan nilai t maka didapatkan pula peningkatan nilai *reliabilitas* menjadi 48%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan bahwa: komponen yang termasuk dalam komponen kritis adalah komponen *edge milling* dengan 36 kali kerusakan dalam 1 tahun selama 7013 menit, komponen *maindrive* dengan 20 kali kerusakan dalam 1 tahun selama 3964 menit, dan komponen *cross welding* dengan 11 kali kerusakan selama 1 tahun selama 1066 menit. Dengan nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) dan *reliabilitas* pada komponen kritis adalah : pada komponen *edge milling* didapatkan nilai MTTF sebesar 11102,31 menit dalam 1 tahun dengan nilai *reliabilitas* sebesar 27%, sedangkan komponen *maindrive* didapatkan nilai MTTF sebesar 15172,18 menit dalam 1 tahun dengan nilai *reliabilitas* sebesar 28%, dan pada komponen *cross welding* didapatkan nilai MTTF sebesar 26934,44 menit dalam 1 tahun dengan nilai *reliabilitas* sebesar 35%. Peningkatan kehandalan komponen kritis sesuai pola kerusakan digunakan dengan *screening and burn-in testing* dan menghasilkan peningkatan kehandalan. Berikut ini adalah hasil peningkatan kehandalan pada komponen *edge milling* menjadi 30% dengan nilai t sebesar 12713,46 menit selama 1 tahun, hasil peningkatan kehandalan pada komponen *maindrive* menjadi 32% dengan nilai t sebesar 17218,46 menit selama 1 tahun, hasil peningkatan kehandalan pada komponen *cross welding* menjadi 48% dengan nilai t sebesar 27214,77 menit selama 1 tahun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N. 2013. *Sistem Perawatan Terpadu (Intergrated Maintenance System)*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Corder, A.S., dan Hadi, K. 2005. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Edisi ketiga. Erlangga. Jakarta.
- Dhillon, B.S. 1999. *Design Reliability Fundamental and Application*. A Modern Approach. USA: CRC Press LLC.
- Ebeling, C.E. 1997. *Reliability and Maintability Engineering*. McGraw-hill International Edition. London.
- Kudin, A. W. 2012. Analisa Penjadwalan Maintenance Komponen Listrik Pada Unit Stand 3 PT. XYZ Dengan Reliability Block Diagram. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)
- Lukmandani. 2011. Penjadwalan Perawatan di PT. Steel Pipe Industry Of Indonesia. *WIDYA TEKNIK Vol. 10, No. 1, 2011 (103-116)*.
- Romadhani, D. 2011. Usulan Perawatan Dengan Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin SPM 2000 Di PT KHI Pipe Industries. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)
- Saputro, S, D. 2013. Usulan Penjadwalan Perawatan Dengan Memepertimbangkan Reliability Block Diagram Pada Mesin SPM 2000 PT.Z. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)
- Sayuti. 2013. Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT. Z. *Malikussaleh Industrial Engineering Journal Vol.2 No.1 (2013) 9-13 ISSN 2302 934X*.
- Siagan. 2013. Usulan Perawatan Mesin Berdasarkan Keandalan Spare Part Sebagai Solusi Penurunan Biaya Perawatan Pada PT. XYZ. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU Vol 3, No. 5, Desember 2013 pp. 47-52*.
- Widyaningsih. 2011. Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Pada Mesin Produksi Bahan Bangunan Untuk Meningkatkan Kehandalan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Universitas Indonesia. Jakarta. (Tidak Publikasi)