

# PENENTUAN LIFETIME MATERIAL SENJATA RINGAN SS2-V4 KALIBER 5,56MM DENGAN PENDEKATAN KEHANDALAN

## DETERMINATION OF LIFETIME IN LIGHT WEAPONS SS2-V4 CALIBER 5,56 MM MATERIALS WITH RELIABILITY APPROACH

Tri Sutrisno<sup>1</sup>, Yayat Ruyat<sup>2</sup>, Deni Dadang A.R.<sup>3</sup>

Universitas Pertahanan Indonesia  
(trisutrisnoanak3@gmail.com)

**Abstrak** - Pemeliharaan persenjataan perlu mengetahui usia pakai (*lifetime*) material pada setiap komponen. Permasalahan yang saat ini dialami oleh satuan pemeliharaan Peralatan AD, senjata ringan khususnya Senapan SS2-V4 Kal. 5,56 mm yang masih dimiliki satuan-satuan tempur, belum mempunyai jadwal periodik penggantian *part* (*Periodical Replacement Part/ PRP*) yang dapat memprediksi *lifetime* material komponen dalam pemeliharannya. Penentuan *lifetime* pada material komponen SS2-V4 Kal. 5,56 mm dapat diketahui dengan pendekatan kehandalan. Dengan mengidentifikasi frekuensi kerusakan komponen, komponen kritis pada senjata SS2-V4 Kal.5 56 mm dapat diketahui bahwa, yaitu pena pemukul, rakitan tangkai penegang, penahan pegas pengembali, dan pasak pembatas pena pemukul. Tahapan pemrosesan data dengan menghitung distribusi kerusakan pada komponen kritis dihasilkan nilai distribusi Weibull = 0,9913 dengan parameter  $\beta=33,09$  dan  $\theta=3011,14$ , dan membuktikan laju kerusakan terjadi peningkatan. Selanjutnya, tahapan penentuan *lifetime*, didapatkan nilai MTTF=2961. Batas nilai *reliability* yang ditetapkan untuk penggantian pada setiap komponen kritis meningkatkan *lifetime*, yaitu pena pemukul dan pasak pembatas pena pemukul (batas *reliability* 90%, tembakan ke-2813) meningkatkan *lifetime* 32,66%, rakitan tangkai penegang (batas *reliability* 70%, tembakan ke-2918) meningkatkan 12,86% dan penahan pegas pengembali (batas *reliability* 80%, tembakan ke-2877) meningkatkan *lifetime* 22,79%.

**Kata Kunci:** Maintenance, Lifetime, Kehandalan, Komponen Kritis, SS2-V4 Kal.5, 56 mm

**Abstract** – Maintenance of weapons needs to know the lifetime of materials in each components. The currently problems in Ordnance Corps units (Corps Peralatan TNI-AD), Light weapons especially rifle SS2-V4 Caliber 5,56 mm, did not have a Periodical Replacement Part yet that should be predictive lifetime ability based on maintenance data. Determination of lifetime components material in rifle SS2-V4 Caliber 5,56 mm can be known with the reliability approach. Critical components in rifle SS2-V4 Caliber 5,56 mm can be identified by the frequency of failure. There are firing pin, assembly handle cooking, plate stop, and retaining pin firing pin. Stages of data processing by calculating the distribution of failure to critical components generated Weibull distribution value = 0.9913 with parameters  $\beta = 33.09$  and  $\theta = 3011.14$ , and prove the failure rate has increased. Stages of determining the lifetime, obtained MTTF value = 2961. The reliability value limit set for replacement of each critical component increases lifetime, that is firing pin and retaining pin firing pin (90% reliability limit, 2813 fires) increases the lifetime 32.66%, assembly handle cooking (70% reliability limit, 2918 fires) increases the lifetime 12,86%, and plate stop (80% reliability limit, 2877 fires) increases 22,79%.

**Keywords:** Maintenance, Lifetime, Reliability, Critical Components, SS2-V4 Kal. 5,56 mm

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Persenjataan, Fakultas Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan

<sup>2</sup> Program Studi Teknologi Persenjataan, Fakultas Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan

<sup>3</sup> Program Studi Teknologi Persenjataan, Fakultas Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan

## Pendahuluan

Senjata jenis senapan merupakan bagian penting pada prajurit. Sifat bertempur menggunakan senjata adalah hal yang wajib dilakukan. Sehingga, prajurit harus mempunyai senapan yang harus selalu siap sedia. Senapan harus siap digunakan pada saat latihan maupun tugas operasi. Oleh karena itu, agar senapan dapat siap sedia digunakan perlu dilaksanakan pemeliharaan secara rutin.<sup>4</sup>

Kebijakan dalam melanjutkan pembangunan postur pertahanan militer kekuatan pokok minimum (MEF) TNI dengan mengacu salah satunya pemeliharaan dan perawatan alutsista.<sup>5</sup> Kebijakan ini tertuang dalam Permenhan Nomor 38 Tahun 2014 tentang pedoman penyelenggaraan pemeliharaan senjata api di lingkungan Kemenhan dan TNI. Tingkat pemeliharaan senjata dilakukan secara sistematis dan periodik serta

bersifat pencegahan dan deteksi dini terhadap timbulnya kerusakan awal.<sup>6</sup>

Material suatu senjata mempunyai usia pakai (*lifetime*) yang menjadi pertimbangan dalam penggunaannya.<sup>7</sup> Material mempunyai batas-batas untuk diperhitungkan dan dipertimbangkan beban atau gaya yang diterima material tersebut.<sup>8</sup> Oleh sebab itu, untuk mempertahankan atau memperpanjang usia pakai material perlu pemeliharaan. Begitupun halnya senjata jenis SS2-V4 Kaliber 5,56 mm, materialnya mempunyai batas-batas beban atau gaya yang diterima, sehingga SS2-V4 Kal. 5,56 mm mempunyai usia pakai (*lifetime*) untuk dapat digunakan.

Selanjutnya, SS2 dengan varian 4 ini, berbeda dengan varian lainnya yang dimiliki TNI-AD, pada larasnya yang lebih panjang, sehingga lebih mempunyai akurasi yang lebih tinggi. Dan material larasnya yang menjaga performa saat

---

<sup>4</sup> Department of Defense United States of America, "Condition Based Maintenance Plus DoD Guidebook", (Washington: Department of Defense United States of America, 2008), hlm. 18.

<sup>5</sup> Ryamizard Ryacudu, Menhan, "Kebijakan Pertahanan Negara Tahun 2019" dalam <https://nasional.kompas.com/read/2019/02/21/11015331/menhan-beberkan-kebijakan-pertahanan-negara-tahun-2019?page=all>, diakses 10 Agustus 2019.

<sup>6</sup> Peraturan Menteri Pertahanan Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2014 tentang Pedoman Penyelenggaraan Pemeliharaan Senjata Api di Lingkungan Kemenhan dan TNI

<sup>7</sup> Razali Abidin. "Investigation on Spring Characteristic for Small Arms", *Journal of Fundamental and Applied Science*, 2017

<sup>8</sup> Noorahma Ayu Ting Tyas, Penentuan Kebijakan Waktu Optimum Perbaikan Komponen *Heat Exchanger* (HE) Pesawat Boeing 737-800 Menggunakan Metode *Power Law Process* di PT. Garuda Maintenance Facility (GMF) Aero Asia. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2016.

ditembakkan. Mempunyai alat bidik untuk membantu dalam menembakkan. Alhasil, karena akurasi dan performanya, SS2-V4 ini juga digunakan untuk ajang perlombaan, seperti lomba tembak AARM dan AASAM.<sup>9</sup>

Permasalahan yang saat ini dialami oleh satuan pemeliharaan Peralatan AD, senjata ringan khususnya Senapan SS2-V4 Kal. 5,56 mm yang masih dimiliki satuan-satuan tempur, belum mempunyai jadwal periodik penggantian part (*Periodical Replacement Part/ PRP*) dalam pemeliharaannya. Karena pemeliharaan senjata harus mempunyai kemampuan memprediksi usia pakai (*lifetime*) dalam hal pemeliharaan berdasarkan data pemeliharaan yang menjadi tanggung jawab materilnya.<sup>10</sup> Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan perhitungan *lifetime* material senjata SS2-V4 Kal. 5,56 mm.

### Metode Penelitian

Desain penelitian menggunakan perhitungan untuk menentukan waktu

kerusakan (*Time to Failure*)<sup>11</sup> dan kehandalan (*reliability*)<sup>12</sup>. Selanjutnya, perhitungan dengan distribusi data kerusakan yang didapatkan nantinya diuji kecocokan. Dan dengan perhitungan distribusi data kerusakan dapat juga menentukan laju kerusakan dari komponen kritis. Selain itu, hasil ini bertujuan untuk mendapatkan rata-rata waktu kerusakan (*MTTF*).<sup>13</sup> Karena dengan mendapatkan nilai kehandalan dan *MTTF*, penelitian ini memperoleh prediksi waktu usia pakai pada setiap komponen / *part* pada senjata SS2-V4 Kal. 5,56 mm.

Data yang dikumpulkan dilakukan dengan observasi langsung terhadap kegiatan pemeliharaan di salah satu satuan pemeliharaan TNI AD. Sampel diambil dari pelaksanaan pemeliharaan terhadap 8 (delapan) satuan tempur yang memiliki jumlah senjata SS2-V4 Kal. 5,56 mm sebanyak 4.040 pucuk. Penarikan sampel ini didasari oleh data pemeliharaan senjata SS2-V4 Kal 5,56 mm

<sup>9</sup> PT. Pindad, "Spesifikasi Senjata SS2-V4 Kal 5,56 mm", PT.Pindad, Indonesian, dalam <https://www.pindad.com/ss2-v4-cal-556-mm>, diakses 11 Agustus 2019.

<sup>10</sup> Jian Gao, T. L. "Study on the Reserve Structure of Light Weapons", ICATA 2018 2nd International Conference on Artificial Intelligence Technologies and Applications, 2018.

<sup>11</sup> Rizki Wahyuniardi & Arumsari H. "Penentuan Interval Perawatan dengan Menggunakan

Model Age Replacement di PT.X", Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI X, 2016, hlm. 174-180.

<sup>12</sup> Razali Abidin, Op.cit

<sup>13</sup> Iriana, Yani, "Usulan Waktu Perawatan Berdasarkan Keandalan Suku Cadang Kritis Bus di Perum Damri Bandung", *Proceeding 6th National Industrial Engineering Conference (NIEC-6)*, 2011.

yang didapat oleh peneliti dan dihubungkan dengan rumus Slovin yang mendapatkan nilai *margin of error* (batas kesalahan) tidak lebih dari 5 % atau batas kepercayaan di atas 95%.<sup>14</sup>

### Hasil dan Pembahasan

Perhitungan waktu pemeliharaan pencegahan menggunakan pendekatan kehandalan bertujuan untuk memprediksi terjadinya kerusakan komponen dengan menghitung usia pakai (*lifetime*) komponen kritis sesuai dengan batas/target nilai kehandalan.<sup>15</sup> Adapun langkah-langkah perhitungan *lifetime* adalah sebagai berikut:

#### 1. Identifikasi Komponen Kritis

Data yang digunakan adalah data sejak SS2-V4 Kal 5,56 mm terdistribusi ke

satuan-satuan tempur TNI-AD (tahun 2012) hingga pelaksanaan pemeliharaan kurun waktu 1 (satu) tahun yaitu Januari-Desember 2019. Selanjutnya, penggunaan SS2-V4 Kal 5,56 mm dihubungkan dengan perkiraan dukungan munisi latihan yang ditembakkan setiap senjata. Jumlah penembakan diasumsikan setiap senjata melakukan penembakan sesuai dukungan munisi latihan tersebut.

Berdasarkan data kerusakan yang terkumpul, maka dapat diketahui bahwa komponen yang termasuk klasifikasi komponen kritis yang akan dilanjutkan penelitian. Dapat dilihat pada **tabel 1** dan gambar grafik tentang data kerusakan komponen kritis.

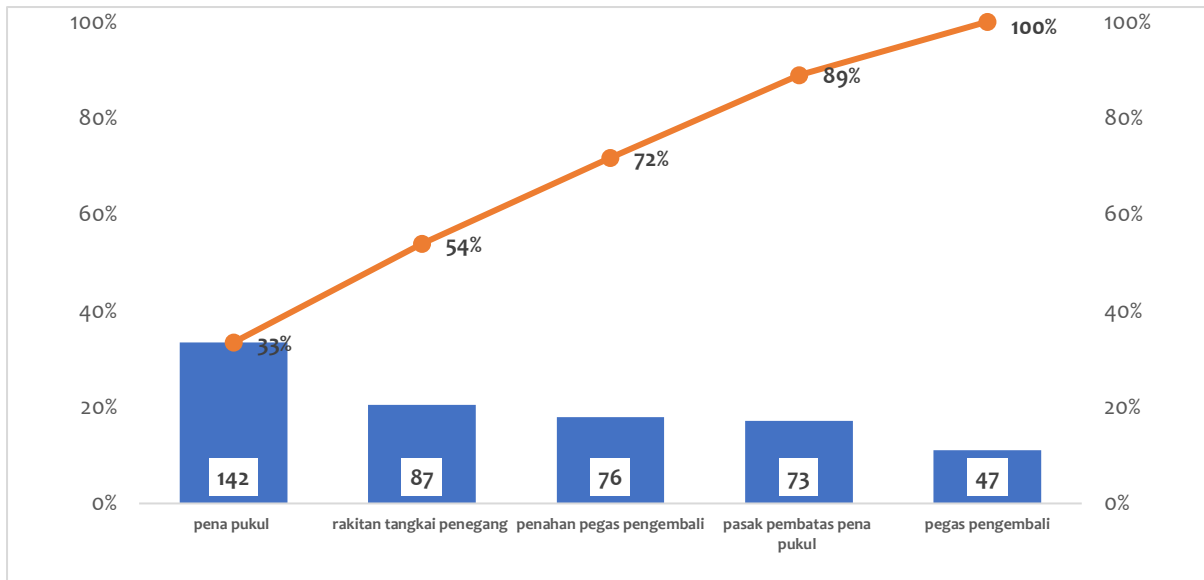
**Tabel 1.** Data Jumlah Komponen Kritis SS2-V4 Kal.5,56 mm

Komponen Rusak	Tembakan ke-				Jumlah
	2857	2940	3023	3056	
Pasak pembatas pena pemukul	2	2	8	61	73
Pena pemukul	5	3	8	126	142
Pegas pengembali	3	1	0	43	47
Rakitan tangkai penegang	3	2	7	75	87
Penahan pegas pengembali	2	3	14	57	76

Sumber: diolah peneliti 2020

<sup>14</sup> Sugiyono. "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D's", (Bandung: Alfabeta, 2014)

<sup>15</sup> Ade Firmansyah, "Analisis Waktu Antar Kerusakan Mesin *Electric Motor* Menggunakan Metode *Failure Finding Interval* (Studi Kasus di PT.XYZ)", *Jurnal Teknik Industri FT USU*, 2013.



**Gambar 1.** Grafik *Pareto Chart* Jumlah Kerusakan Komponen Kritis Senjata SS2-V4 Kal 5,56 mm  
 Sumber: diolah peneliti 2020

Dapat dilihat Gambar 1 grafik *pareto chart* menunjukkan bahwa komponen rusak dengan klasifikasi rusak berat terdiri dari pena pemukul, rakitan tangkai penegang, dan pegas pengembali. Sehingga, dalam penulisan tesis ini, peneliti mengambil data komponen kritis yang terdapat pada kategori rusak berat, untuk dilakukan perhitungan.

## 2. Perhitungan Waktu Distribusi

Setelah mengetahui komponen kritis, maka dilanjutkan perhitungan TTF dengan menggunakan *Index of fit* dan penentuan distribusi waktu kerusakan.<sup>16</sup> Berdasarkan dari data kerusakan pada komponen kritis memiliki waktu kerusakan yang bersamaan, yaitu pada tembakan ke-2857, 2940, 3023, dan 3056.

Sehingga dalam pengolahan data dengan perhitungan *index of fit* pada keempat komponen kritis tersebut, menggunakan waktu yang sama.

Dalam penelitian ini perhitungan distribusi yang digunakan berdasarkan Ebelling ada 4 (empat) yaitu Distribusi Normal, Lognormal, Eksponensial, dan *Weibull*.<sup>17</sup>

### a. Distribusi Normal

**Tabel 2.** Perhitungan Index of fit Distribusi Normal pada komponen Kritis

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> = F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub> = z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> ·z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	z <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	2857	0,15	-	-	816244	0,
		0,99	2851,8	9,0	99	
			6			
2	2940	0,38	-	-	86436	0,
		0,28	849,09	00,0	08	
3	3023	0,61	0,28	873,07	913852	0,
					9,0	08
4	3056	0,84	0,99	3050,5	933913	0,
				0	6,0	99

<sup>16</sup> Prima Fithri, "Optimasi *Preventive Maintenance* dan Penjadwalan Penggantian Komponen Mesin Kompresor dengan menggunakan *Mixed Integer Non Linear Programming* dari

Kamran", Tesis Program Pasca Sarjana Teknik Industri, FTUI, 2010, hlm 73-74.  
<sup>17</sup> Charles Ebeling, "An *Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*", (McGraw-Hill, 1997), Hlm 58-64.

Σ	1187	1187	2	0	222,61	352837	2,1
	6	6				14	5

Sumber: diolah peneliti 2020

$$r_{normal} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}} \quad (1)$$

$$r_{normal} = 0,9804$$

### b. Distribusi Lognormal

**Tabel 3.** Perhitungan Index of fit Distribusi Lognormal pada komponen Kritis

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> =ln t <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub> =Z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .Z <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	Z <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	2857	7,95	0,15	-0,99	-7,94	63,3	0,9
2	2940	7,98	0,38	-0,28	-2,30	63,7	0,0
3	3023	8,01	0,61	0,28	2,31	64,2	0,0
4	3056	8,02	0,84	0,99	8,01	64,3	0,9
Σ	1187	31,9	2	0	0,07	255,	2,1
	6	8				72	5

Sumber: diolah peneliti 2020

$$r_{lognormal} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}} \quad (2)$$

$$r_{lognormal} = 0,9794$$

### c. Distribusi Eksponensial

**Tabel 4.** Perhitungan Index of fit Distribusi Eksponensial pada komponen Kritis

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> = t <sub>i</sub>	F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	2857	2857	0,15	1,17	495,03	3162449	1,37
2	2940	2940	0,38	1,48	1435,75	3643600	2,19
3	3023	3023	0,61	1,95	2874,8	3138529	3,80
4	3056	3056	0,84	1,83	5617,78	3339136	3,37
Σ	11876	11876	2	3,45	10423,3	52837144	7,55

Sumber: diolah peneliti 2020

$$r_{eksponensial} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (3)$$

$$r_{eksponensial} = 0,9165$$

### d. Distribusi Weibull

**Tabel 5.** Perhitungan Index of fit Distribusi Weibull pada komponen Kritis

i	t <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> =ln F(t <sub>i</sub> )	y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> .y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	2857	7,95	0,15	-	-	63,32
				1,75	3,9	7
2	2940	7,98	0,38	-	-	63,77
				0,71	5,72	0,51
3	3023	8,01	0,61	-	-	64,22
				0,0	0,4	0
4	3056	8,02	0,84	0,6	4,8	64,3
				4	0	8
Σ	11876	31,98	2,0	-	-	255,7
				0	1,91	5,18
					2	5

Sumber: diolah peneliti 2020

$$r_{weibull} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (4)$$

$$r_{weibull} = 0,9913$$

Ringkasan nilai index of fit (r) distribusi kerusakan Komponen Kritis hasil keempat distribusi di atas:

$$r_{normal} = 0,9804$$

$$r_{lognormal} = 0,9794$$

$$r_{eksponensial} = 0,9165$$

$$r_{weibull} = 0,9913(\text{paling besar})$$

### 3. Perhitungan Parameter Distribusi Waktu Kerusakan

Berdasarkan nilai index of fit yang terbesar adalah distribusi Weibull, sehingga parameter yang digunakan yaitu β dan θ. Berdasarkan Ebeling, penentuan

parameter  $\beta$  dan  $\theta$  pada distribusi *Weibull* menggunakan rumus :<sup>18</sup>

$$\beta = b \quad (5)$$

$$\theta = e^{-(a/b)} \quad (6)$$

Dimana

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (7)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (8)$$

Sehingga dari perhitungan tersebut di atas, nilai- nilai yang didapatkan yaitu  $r_{Weibull} = 0,9913$ ,  $\beta = 33,0947$  dan  $\theta = 3011,1461$

#### 4. Uji Kesesuaian Distribusi

Berdasarkan perhitungan nilai *index of fit* yang terbesar terdapat pada distribusi *Weibull*, maka pengujian yang dilakukan dengan menggunakan uji *Mann*.<sup>19</sup>

$H_0$  : Data TTF Komponen Kritis berdistribusikan *Weibull*.

$H_1$  : Data TTF Komponen Kritis tidak berdistribusikan *Weibull*.

$\alpha = 0,05$

**Tabel 6.** Uji Kesesuaian Distrbusi *Weibull* pada Komponen Kritis

i	$t_i$	$Z_i = \ln t_i$	$M_i$	$I(t_{i+1}) - I(t_i)$	$\frac{(\ln(t_i + 1) - \ln t_i)}{M_i}$
1	2857	7,95	2,07	1,24	0,02
2	2940	7,98	0,83	0,71	0,02
3	3023	8,01	-0,11	0,67	0,01
4	3056	8,02	0,55		
$\Sigma$	11876	31,98			

<sup>18</sup> Ibid, hlm 60

<sup>19</sup> Ibid, hlm 400

Sumber: diolah peneliti 2020

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)} \quad (9)$$

$$M_{tabel} = M_{(0,05;2;2)} = 19,0$$

Dari hasil perhitungan dan melihat tabel distribusi F, bahwa:

$$M_{hitung} < M_{tabel}$$

$$0,3905 < 19,0$$

Sehingga  $H_0$  diterima, dan disimpulkan data distribusi kerusakan pada komponen kritis, berdistribusi *Weibull*.

#### 5. Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF)

Setelah mendapatkan nilai- nilai dari perhitungan sebelumnya, yaitu  $r_{Weibull} = 0,9913$ ,  $\beta = 33,0947$  dan  $\theta = 3011,1461$ . Selanjutnya menghitung MTTF. Untuk rumus yang digunakan adalah<sup>20</sup>

$$MTTF = \theta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (10)$$

$$MTTF = (3011,1461) \Gamma \left( 1 + \frac{1}{33,0947} \right)$$

$$MTTF = (3011,1461) \Gamma (1,0302)$$

$$MTTF = (3011,1461) * (0,9835)$$

$$MTTF = 2961,6127$$

Sehingga, nilai rata-rata *time to failure* (MTTF) dari komponen kritis adalah pada tembakan ke-2961.

<sup>20</sup> Ibid, hlm 59

## 6. Penentuan Laju Kerusakan

Berdasarkan Ebeling (1997,p64), Laju kerusakan didapatkan berdasarkan rumus :<sup>21</sup>

$$\lambda(t) = at^b \quad (11)$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \quad (12)$$

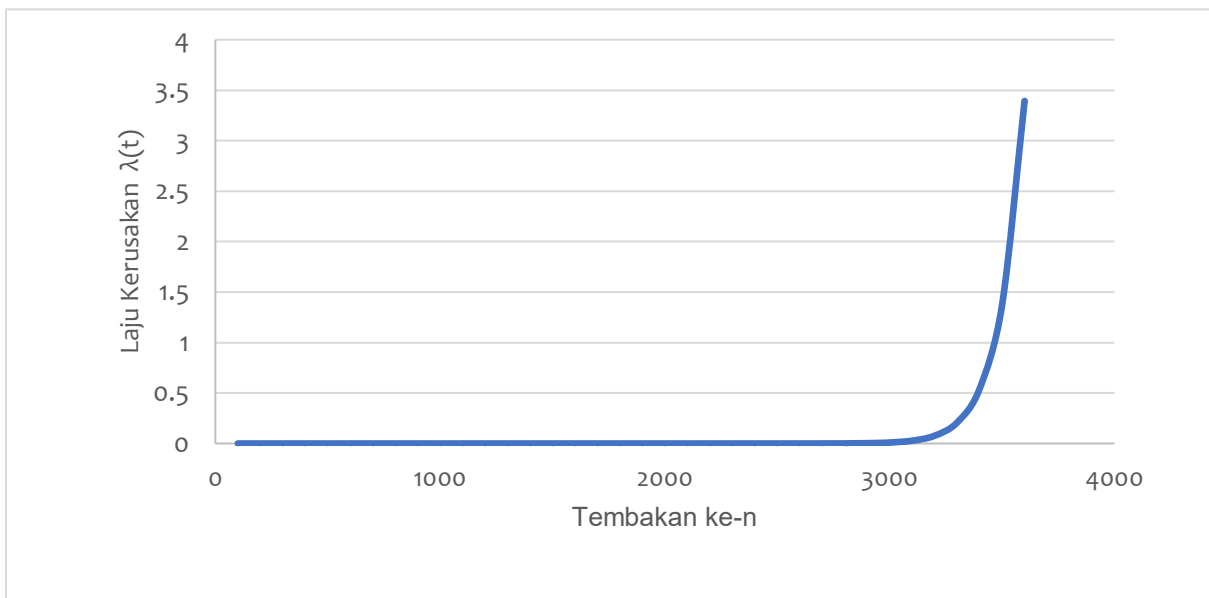
Dari hasil  $\beta = 33,09$  dan  $\theta = 3011,14$  , sehingga grafik laju kerusakan komponen kritis didapat seperti pada Gambar 2.

Berdasarkan perhitungan dari rumus yang ada. Dihasilkan grafik seperti terlihat pada **gambar 3**, grafik laju kerusakan meningkat. Hal ini sesuai yang diungkapkan oleh Ebeling (1997,p64), bahwa distribusi kerusakan yang digunakan dengan distribusi *weibull* dan

nilai  $\beta > 2$  menunjukkan bahwa laju kerusakan terus meningkat. Serta dalam kurva *Bathtub*, nilai  $\beta > 2$  menunjukkan berada fase *wearout*, fase dimana komponen menuju rusak.<sup>22</sup>

## 7. Penentuan Waktu Penggantian

Dalam penelitian ini, penentuan waktu untuk penggantian tergantung dari target *reliability* yang telah ditetapkan oleh produsen dan pengguna. Target *reliability* pada penelitian ini, penulis asumsikan pada keempat komponen berdasarkan beban kerja yang diterima komponen. Untuk komponen pena pukol target *reliability* sebesar 90%, rakitan tangkai penegang

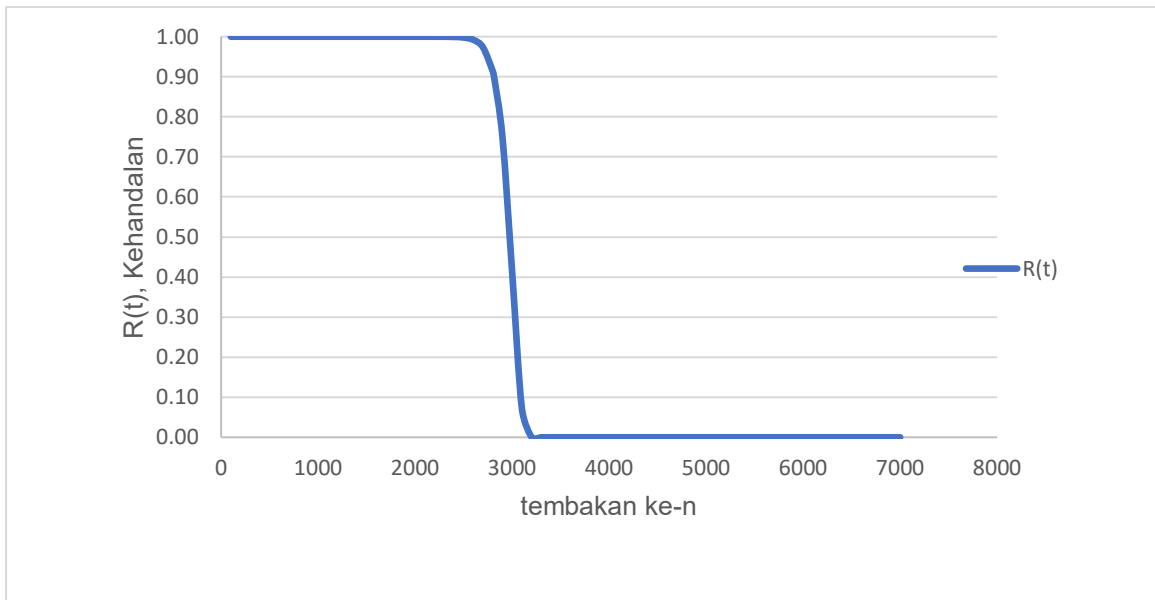


**Gambar 2.** Grafik Laju Kerusakan Komponen Kritis SS2-V4 Kal. 5, 56 mm  
Sumber: diolah peneliti 2020

<sup>21</sup> Ibid, hlm 64

<sup>22</sup> Ibid, hlm. 64.





**Gambar 3.** Grafik Keandalan Komponen Kritis  
 Sumber: diolah peneliti 2020

70%, penahan pegas pengembali 80%, dan pasak pembatas pena pemukul 90%.

Perhitungan nilai *reliability* pada penelitian ini berdasarkan data-data yang sudah didapatkan dari perhitungan sebelumnya yaitu, nilai MTF,  $\beta$ , dan  $\theta$ . Dan dimasukkan dalam perhitungan, untuk mendapatkan grafik keandalan dan waktu penggantian komponen sesuai masing-masing estimasi keandalan yang ditetapkan. Selanjutnya, waktu dan grafik sebelum penggantian dibandingkan dengan sesudah penggantian.

Rumus nilai *reliability* yang digunakan adalah <sup>23</sup>

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (13)$$

Terlihat pada Gambar 3, grafik keandalan pada komponen kritis

menurun ketika tembakan antara 2000 sampai dengan 4000.

Selanjutnya, untuk mendapatkan data waktu penggantian menggunakan rumus *Reliability* sesudah penggantian yaitu:<sup>24</sup>

$$R(t - nT) = e^{-\left(\frac{t-nT}{\theta}\right)^\beta} \quad (14)$$

a. Pena Pemukul

Komponen pena pukul diestimasi target *reliability* sebesar 90%, melakukan penggantian pada batas keandalan 90%.

Komponen pena pemukul mempunyai target penggantian pada nilai keandalan 90%. Berdasarkan Tabel 7. Keandalan 90% terjadi pada tembakan ke-2813. Sehingga pada tembakan ke-2813, komponen pena pemukul diganti.

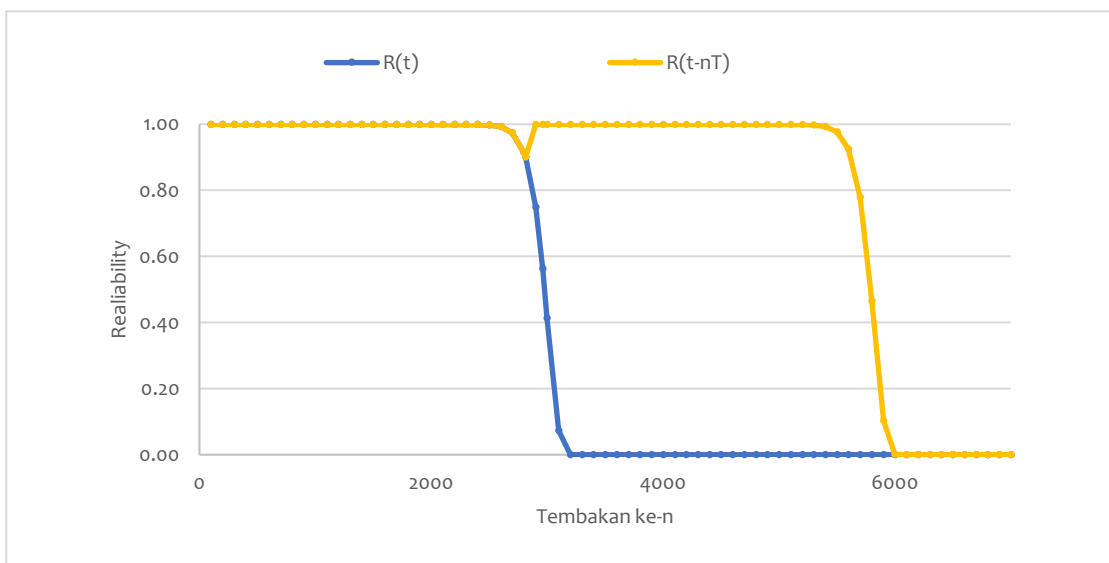
<sup>23</sup> Prima Fithri, Op.cit., hlm 73-74.

<sup>24</sup> Ibid, hlm 75-76

**Tabel 7.** Perhitungan Reliability Komponen Pena Pemukul Sebelum dan Sesudah Penggantian

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	R <sub>m</sub> (t)
100	1,0	0	100	1	1	1
500	1,0	0	500	1	1	1
1000	1,0	0	1000	1	1	1
2000	1,0	0	2000	1	0,99	0,99
2300	0,9	0	2300	1	0,99	0,99
2500	0,9	0	2500	1	0,99	0,99
2700	0,9	0	2700	1	0,97	0,97
2800	0,9	0	2800	1	0,91	0,91
2810	0,9	0	2810	1	0,90	0,90
2813	0,9	0	2813	1	0,90	0,90
2820	0,8	1	7	0,9	1	0,90
2900	0,7	1	87	0,9	1	0,90
2961	0,5	1	148	0,9	1	0,90
3000	0,4	1	187	0,9	1	0,90
3500	0	1	687	0,9	1	0,90
4000	0	1	1187	0,9	1	0,90
4500	0	1	1687	0,9	0,99	0,90

Sumber: diolah peneliti 2020



**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Reliability Komponen Pena Pemukul Sebelum dan Sesudah Penggantian.

Sumber: diolah peneliti 2020

Setelah melakukan penggantian kehandalan komponen pena pemukul kembali menjadi 100 %. Seperti terlihat di grafik perbandingan pada Gambar 5.

**b. Rakitan Tangkai Penegang**

Komponen rakitan tangkai penegang diestimasikan target *reliability* sebesar 70%, melakukan penggantian pada batas kehandalan 70%.

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 8. Komponen rakitan tangkai

**Tabel 8.** Perhitungan Reliability Komponen Rakitan Tangkai Penegang Sebelum dan Sesudah Penggantian

t	R(t)	n	t - n T	R(T) <sup>n</sup>	R (t-nT)	R <sub>m</sub> (t)
100	1	0	100	1	1	1
500	1	0	500	1	1	1
1000	1	0	1000	1	1	1
2000	1	0	2000	1	0,9	0,9
2300	0,9	0	2300	1	0,9	0,9
2700	0,9	0	2700	1	0,9	0,9
2800	0,9	0	2800	1	0,9	0,9
2900	0,7	0	2900	1	0,7	0,7
2917	0,7	0	2917	1	0,7	0,7
2918	0,7	0	2918	1	0,7	0,7
2920	0,6	1	43	0,7	1	0,7
3000	0,4	1	123	0,7	1	0,7
3500	0	1	623	0,7	1	0,7
4000	0	1	1123	0,7	1	0,7
4500	0	1	1623	0,7	1	0,7
5000	0	1	2123	0,7	0,9	0,7
5500	0	1	2623	0,7	0,9	0,6
6000	0	1	3123	0,7	0,0	0,02
6500	0	1	3623	0,7	0	0

Sumber: diolah peneliti 2020

penegang memiliki target penggantian pada nilai kehandalan 70% pada tembakan ke-2918. Sehingga pada tembakan ke-2918, komponen rakitan tangkai penegang dilakukan penggantian.

Setelah melakukan penggantian kehandalan komponen rakitan tangkai penegang kembali menjadi 100 %. Seperti terlihat di grafik perbandingan pada Gambar 5.

#### c. Penahan Pegas Pengembali

Komponen penahan pegas pengembali diestimasikan target *reliability* sebesar 80%, melakukan penggantian.

Komponen penahan pegas pengembali memiliki target penggantian pada nilai kehandalan 80%. Berdasarkan Tabel 9. Kehandalan 80% terjadi pada tembakan ke-2877. Sehingga pada tembakan ke-2877, dilakukan penggantian komponen penahan pegas pengembali.

Setelah melakukan penggantian kehandalan komponen penahan pegas pengembali, menjadi 100 % kembali. Seperti terlihat di grafik perbandingan pada Gambar 6.

#### d. Pasak Pembatas Pena Pemukul

Komponen pasak pembatas pena pemukul diestimasikan target *reliability*

sebesar 90%, melakukan penggantian pada batas kehandalan 90%. Estimasi ini dikarenakan pasak pembatas pena pemukul menjadi satu rangkaian dengan pena pemukul.

Komponen pasak pembatas pena pemukul memiliki target penggantian pada nilai kehandalan 90%. Berdasarkan Tabel 10. Kehandalan 90% terjadi pada tembakan ke-2813. Sehingga pada tembakan ke-2813, dilakukan penggantian komponen pasak pembatas pena pemukul.

Setelah melakukan penggantian, kehandalan komponen pasak pembatas pena pemukul kembali menjadi 100 %. Seperti terlihat di grafik perbandingan pada Gambar 8.

Perbandingan nilai kehandalan tanpa dan melakukan penggantian sesuai estimasi usulan target penggantian komponen, terjadi mengalami peningkatan.

Perhitungan prosentase perbandingan dari nilai MTTF (tembakan ke-2961) dan waktu penggantian sesuai target kehandalan. Untuk komponen pena pemukul dan pembatas pena pemukul, penggantian setiap penembakan ke-2813 akan meningkatkan kehandalan sebesar 32,66 % dari tanpa penggantian. Komponen rakitan tangkai penegang, melaksanakan penggantian setiap penembakan ke-2918 meningkatkan kehandalan sebesar

**Tabel 9.** Perhitungan Reliability Komponen Penahan Pegas Pengembali Sebelum dan Sesudah penggantian

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	R <sub>m</sub> (t)
100	1,0	0	100	1,0	1	1
1000	1,0	0	1000	1,0	1	1
2000	1,0	0	2000	1,0	1	1
2870	0,8	0	2870	1,0	0,8153	0,81
2877	0,8	0	2877	1,0	0,8015	0,80
3000	0,4	1	123	0,8	1	0,80
4000	0,0	1	1123	0,8	1	0,80
5000	0,0	1	2123	0,8	1,0000	0,80
6000	0,0	1	3123	0,8	0,0353	0,02
7000	0,0	1	4123	0,8	0	0

Sumber: diolah peneliti 2020

**Tabel 10.** Perhitungan Reliability Komponen Pasak Pembatas Pena Pemukul Sebelum dan Sesudah Penggantian

t	R(t)	n	t-nT	R(T) <sup>n</sup>	R(t-nT)	R <sub>m</sub> (t)
100	1,0	0	100	1,0	1	1
1000	1,0	0	1000	1,0	1	1
2000	1,0	0	2000	1,0	0,9999	0,99

2810	0,9	0	2810	1,0	0,9035	0,90
2813	0,9	0	2813	1,0	0,9002	0,90
2900	0,7	1	87	0,9	1	0,90
2961	0,5	1	148	0,9	1	0,90
3000	0,4	1	187	0,9	1	0,90
4000	0,0	1	1187	0,9	1	0,90
5000	0,0	1	2187	0,9	0,9999	0,90

Sumber: diolah peneliti 2020

22,79%. Dan komponen penahan pegas pengembali, penggantian setiap penembakan ke-2877 akan meningkatkan kehandalan sebesar 12,86 %.

#### 8. Penentuan Usia Pakai (*Lifetime*)

Perhitungan usia pakai ini dilakukan atas estimasi tingkat kehandalan dari komponen kritis yang berdasarkan batas tingkat kehandalan yang ditetapkan dari pelaksana pemeliharaan dan produsen.<sup>25</sup>

$$t_R = \theta \times (-\ln R)^{\frac{1}{\beta}} \quad (15)$$

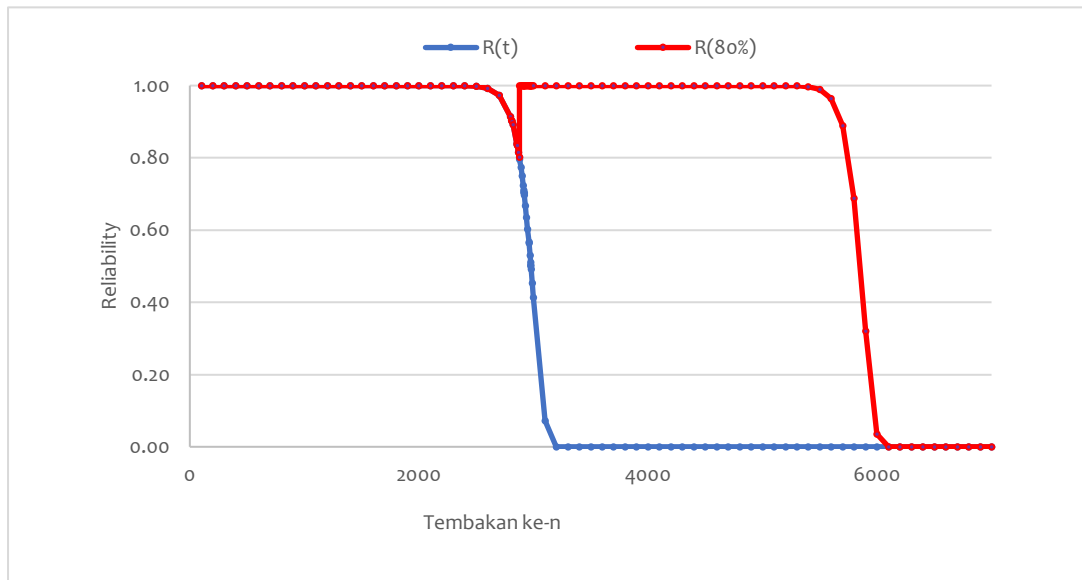
a. Komponen Pena Pemukul

$$t_{90\%} = (3011,14) \times (-\ln 0,90)^{\frac{1}{33,09}}$$

$$t_{90\%} = (3011,14) \times (0,105)^{0,03}$$

$$t_{90\%} = 2813$$

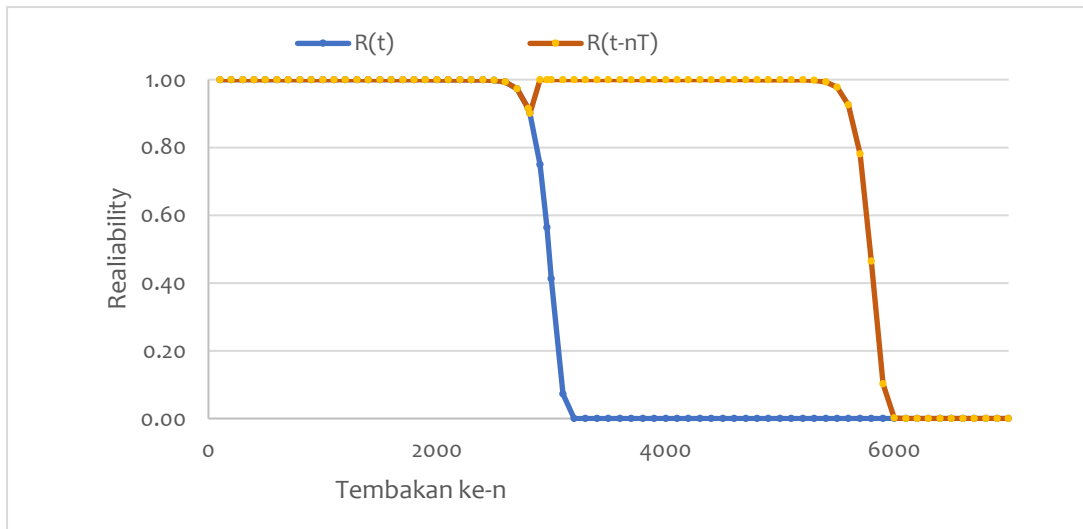
Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa komponen kritis pena pemukul dapat melakukan fungsinya dengan probabilitas 90% untuk



**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Reliability Komponen Penahan Pegas Pengembali dan Sesudah Penggantian

Sumber: diolah peneliti 2020

<sup>25</sup> Charles Ebeling, Op.cit, 1997, hlm 63



**Gambar 7.** Grafik Perbandingan Reliability Komponen Pasak Pembatas Pena Pemukul Sebelum dan Sesudah Penggantian  
 Sumber: diolah peneliti 2020

pengoperasian sampai penembakan ke-2813.

b. Komponen Rakitan Tangkai Penegang

$$t_{70\%} = (3011,14) \times (-\ln 0,90)^{\frac{1}{33,09}}$$

$$t_{70\%} = (3011,14) \times (0,356)^{0,03}$$

$$t_{70\%} = 2918$$

Dari perhitungan, bahwa komponen kritis rakitan tangkai penegang dapat melakukan fungsinya dengan probabilitas 70% untuk pengoperasian sampai penembakan ke-2918.

c. Komponen Penahan Pegas Pengembali

$$t_{80\%} = (3011,14) \times (-\ln 0,80)^{\frac{1}{33,09}}$$

$$t_{80\%} = (3011,14) \times (0,223)^{0,03}$$

$$t_{70\%} = 2877$$

Dari perhitungan tersebut komponen kritis penahan pegas pengembali dapat melakukan fungsinya dengan probabilitas 70% untuk pengoperasian sampai penembakan ke-2877.

d. Komponen Pasak Pembatas Pena Pemukul

$$t_{90\%} = (3011,14) \times (-\ln 0,90)^{\frac{1}{33,09}}$$

$$t_{90\%} = (3011,14) \times (0,105)^{0,03}$$

$$t_{90\%} = 2813$$

Dari perhitungan bahwa komponen kritis pasak pembatas pena pemukul dapat melakukan fungsinya dengan probabilitas 90% untuk pengoperasian sampai penembakan ke-2813.

**Tabel 11.** Estimasi Tingkat Kehandalan Komponen Kritis

Komponen	Tingkat kehandalan R(t)	Usia pakai (tembakan ke-)
Pena pemukul	90%	2813
Rakitan tangkai penegang	70%	2918
Penahan pegas pengembali	80%	2877
Pasak Pembatas Pena Pemukul	90%	2813

Sumber: diolah peneliti 2020

## Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan adalah komponen kritis pada senjata SS2-V4 Kal. 5,56 mm yaitu, pena pukul 33%, rakitan tangkai penegang 20%, dan penahan pegas pengembali 18%, serta pasak pembatas pena pemukul 17%. Pola kerusakan komponen mengikuti distribusi *weibull* yang memiliki  $\beta = 33,09$ , laju kerusakan meningkat atau fase *wearout*. Terjadi peningkatan nilai kehandalan dan usia pakai (*lifetime*) pada komponen dengan penggantian sesuai etimasi target kehandalan. Komponen pena pukul dan pasak pembatas pena pemukul dengan batas penggantian 90% pengoperasian selama 2813 tembakan (meningkat 32,66%). Komponen rakitan tangkai penegang dengan batas penggantian 70% pengoperasian sampai tembakan ke-2918 (meningkat 12,86%). Dan komponen penahan pegas pengembali dengan batas penggantian 80%, dengan pengoperasian selama 2877 tembakan (meningkat 22,79%).

## Daftar Pustaka

### Jurnal

- Abidin, Razali. "Investigation on Spring Characteristic for Small Arms", *Journal of Fundamental and Applied Science*, 2017.
- Firmansyah, Ade. "Analisis Waktu Antar Kerusakan Mesin Electric Motor Menggunakan Metode *Failure Finding Interval* (Studi Kasus di PT.XYZ)", *Jurnal Teknik Industri FT USU*, 2013.
- Iriana, Yani, "Usulan Waktu Perawatan Berdasarkan Keandalan Suku Cadang Kritis Bus di Perum Damri Bandung", *Proceeding 6th National Industrial Engineering Conference (NIEC-6)*, 2011.
- Gao, Jian, T. L, "Study on the Reserve Structure of Light Weapons", *ICATA 2018, 2nd International Conference on Artificial Intelligence Technologies and Applications*, 2018.
- Tyas, Noorahma A. "Penentuan Kebijakan Waktu Optimum Perbaikan Komponen *Heat Exchanger* (HE) Pesawat Boeing 737-800 Menggunakan Metode *Power Law Process* di PT. Garuda Maintenance Facility (GMF) Aero Asia", *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2016.
- Wahyuniardi, Rizki & Arumsari H. "Penentuan Interval Perawatan dengan Menggunakan Model *Age Replacement* di PT.X", *Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI X)*, 2016, hlm. 174-180.

### Buku

- Department of Defense United States of America. "Condition Based Maintenance Plus DoD Guidebook", (Washington: Department of Defense United States of America, 2008), hlm. 18.
- Ebeling, Charles. "An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering", (Pennsylvania: McGraw-Hill, 1997), Hlm 58-64; 400-401.

Sugiyono. “Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D's”, (Bandung: Alfabeta, 2014).

### **Website**

Ryacudu, Ryamizard Menhan, “Kebijakan Pertahanan Negara Tahun 2019” dalam <https://nasional.kompas.com/read/2019/02/21/11015331/menhan-beberkan-kebijakan-pertahanan-negara-tahun-2019?page=all>, diakses 10 Agustus 2019

PT. Pindad, “Spesifikasi Senjata SS2-V4 Kal 5,56 mm”, PT.Pindad, Indonesian, dalam <https://www.pindad.com/ss2-v4-cal-556-mm>, diakses 11 Agustus 2019

### **Lainnya**

Fithri, Prima. “Optimasi *Preventive Maintenance* dan Penjadwalan Penggantian Komponen Mesin Kompresor dengan menggunakan *Mixed Integer Non Linear Programming* dari Kamran”, Tesis Program Pasca Sarjana Teknik Industri, FTUI, 2010, hlm. 40-78.

Peraturan Menteri Pertahanan Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2014 tentang Pedoman Penyelenggaraan Pemeliharaan Senjata Api di Lingkungan Kemenhan dan TNI.