

## Metode *Peak Over Threshold* pada Vibrasi *Bearing*

Ivada Dwi Julianeu\*, Sutawanir Darwis

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*dwiivada@gmail.com, std.darwis@gmail.com

**Abstract.** Bearing degradation is a problem in companies that use machines as a tool to produce products, so the health of the machines is very important to keep the production process running smoothly. One way to detect damage is to use the Extreme Value Theory (EVT) method. One method to identify extreme values is to use Peak Over Threshold (POT), which is a method to determine extreme values by taking values that are above the  $u$  threshold (Gilli and Kallezi, 2003). The distribution of extreme values for the Peak Over Threshold approach is the Generalized Pareto Distribution. In its application, the L-Moment method will be used to estimate the parameters. This study discusses the problem of the return period for bearing degradation. The data used is bearing vibration data, which is secondary data obtained from the FEMTO bearing test experiment. In this research, bearing 2 and 7 are used in data set 1 and bearing 2 in data set 2 to estimate shape and scale parameters and predict return period. With the return period, the remaining service life for 1\_2 vertical bearings is less than 30 years, 2\_2 vertical bearings are less than 170 years while horizontal 1\_7 bearings are more than 170 years.

**Keywords:** *Peak Over Therhold*, EVT, Return Period, bearing vibration.

**Abstrak.** Degradasi *bearing* merupakan masalah utama pada perusahaan yang menggunakan mesin sebagai alat untuk memproduksi produk, sehingga kesehatan mesin sangat diperhatikan agar proses produksi tetap berjalan lancar. Salah satu cara untuk mendeteksi kerusakan adalah dengan menggunakan metode *Extreme Value Theory* (EVT). Salah satu cara untuk mengidentifikasi nilai ekstrim adalah dengan menggunakan *Peak Over Threshold* (POT) yaitu suatu metode untuk menentukan nilai ekstrim dengan cara mengambil nilai yang berada di atas ambang batas  $u$  (Gilli dan Kallezi, 2003). Distribusi dari nilai ekstrim untuk pendekatan *Peak Over Threshold* adalah *Generalized Pareto Distribution*. Pada penerapannya akan digunakan metode L-Moment untuk mengestimasi parameter. Penelitian ini membahas tentang permasalahan *retrun period* untuk degradasi *bearing*. Data yang digunakan adalah data vibrasi *bearing* yakni data sekunder yang diperoleh dari eksperimen uji *bearing* FEMTO. Pada penelitian ini digunakan *bearing* 2 dan 7 pada data set 1 dan *bearing* 2 pada data set 2 untuk mengestimasi parameter bentuk dan skala serta memprediksi *return period*. Dengan *return period* didapatkan sisa usia pakai untuk *bearing* 1\_2 *vertical* adalah kurang dari 30 tahun, *bearing* 2\_2 *vertical* adalah kurang dari 170 tahun sedangkan *bearing* 1\_7 *horizontal* adalah lebih dari 170 tahun..

**Kata Kunci:** *Peak Over Therhold*, EVT, Return Period, Vibrasi bearing.

### 1. Pendahuluan

Peak Over Threshold adalah metode untuk menentukan nilai ekstrim dengan cara mengambil nilai yang berada di atas ambang batas  $u$  (Gilli dan Kallezi, 2003). POT merupakan salah satu pendekatan untuk analisis *Extreme Value Theory* dimana EVT merupakan ilmu statistik yang digunakan untuk mempelajari pola ekor suatu distribusi untuk menentukan nilai ekstrim

(Amalia, 2017) dalam Prayoga, 2020. Setelah mendapatkan sampel ekstrim dari suatu data kemudian menghitung estimasi parameter, distribusi dari nilai ekstrim untuk pendekatan *Peak Over Threshold* adalah *Generalized Pareto Distribution*, pada kasus ini untuk mengestimasi parameter skala dan bentuk diperoleh dengan estimasi L-Moment.

Prediksi adalah proses yang memperkirakan tentang suatu kejadian dimasa yang akan datang berdasarkan informasi yang sudah terjadi dimasa lalu. Salah satu metode untuk memprediksi kejadian dimasa mendatang adalah dengan metode *return period* dan *return level*. *Return level* adalah nilai maksimum yang diharapkan akan dilampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu (*return period*) (Gilli dan Kellezi, 2003) dilakukan dengan cara mengestimasi parameter bentuk dan skala menggunakan *Exreme Value Theory* Oleh karena itu metode EVT akan digunakan untuk meramalkan kapan terjadinya degradasi yang kemudian berdampak waktu henti pada vibrasi *bearing*.

Berdasarkan uraian tersebut maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui sampel ekstrim dengan metode *peak over threshold*, estimasi parameter menggunakan metode L-Moment serta untuk mengetahui prediksi *return level* dan *return period* pada data vibrasi *bearing* dengan *Exreme Value Theory* (EVT).

## 2. Metodologi

Teori nilai ekstrim atau *Exreme Value Theory* (EVT) bertujuan untuk menentukan perkiraan peluang kejadian ekstrim dengan memfokuskan pada ekor dari fungsi distribusi berdasarkan nilai-nilai ekstrim yang diperoleh. Terdapat dua metode untuk mengidentifikasi nilai ekstrim, yaitu *Block Maxima* dan *Peak Over Threshold*.

*Peak Over Threshold* (POT) merupakan metode untuk mengidentifikasi nilai ekstrim dengan mendapatkan nilai yang melebihi ambang batas (*threshold*) tertentu (Rinaldi, 2016) dalam Prayoga, 2020. Teorema Picklands, Delkema, dan Denhaan (Gilli dan Kallezi, 2003) menyatakan bahwa ketika  $u$  sangat besar ( $u \rightarrow \infty$ ) data ekstrim akan konvergen pada *Generalized Pareto Distribution*. Menurut Coles (2001) langkah pertama dalam menganalisis estimasi parameter menggunakan *Peak Over Threshold* adalah menentukan ambang batas. Nilai ambang batas merupakan patokan suatu ambang batas untuk menentukan nilai ekstrim. Salah satu metode penentuan nilai ambang batas adalah metode presentase.

Metode yang lebih mudah digunakan dalam menentukan nilai *threshold* menurut (Chavez-Demoulin, 1999) adalah dengan menggunakan metode presentase yang merupakan metode dengan menentukan nilai ambang batas 10% dari data nilai ekstrim. Berikut ini langkah-langkah mengidentifikasi nilai ekstrim menggunakan metode presentase:

1. Urutkan data dari yang terbesar sampai terkecil.
2. Menghitung banyak data ekstrim 10% dari keseluruhan data.
3. Menentukan letak ambang batas  $u$ .
4. Rumus ambang batas  $u$  adalah sebagai berikut:

$$n = 10\% \times N \quad (1)$$

$$\text{letak } u = n + 1 \quad (2)$$

Keterangan:

$N$  : Ukuran data/banyaknya data awal.

$n$  : Ukuran sampel/banyaknya data ekstrim.

$u$  : nilai *threshold*/ambang batas.

Distribusi *Generalized Pareto Distribution* (GPD) merupakan metode distribusi yang cocok untuk memodelkan kejadian ekstrim dengan menggunakan metode POT. GPD dapat digunakan untuk memodelkan nilai ekstrim dari variabel acak  $X$  yang melebihi ambang batas yang cukup tinggi. GPD memiliki dua parameter yaitu parameter skala ( $\sigma$ ) dan parameter bentuk ( $\xi$ ). Berikut ini adalah *Cumulative Density Function* (CDF) untuk *Generalized Pareto Distribution*:

$$G_{\xi,\sigma}(x) = \begin{cases} 1 - \left(1 - \frac{\xi(x-u)}{\sigma}\right)^{\frac{1}{\xi}} & , \xi \neq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{(x-u)}{\sigma}\right) & , \xi = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Fungsi kepadatan peluang GPD yaitu:

$$g_{\xi,\sigma}(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left(1 - \frac{\xi(x-u)}{\sigma}\right)^{\frac{1}{\xi}-1} & , \xi \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{(x-u)}{\sigma}\right) & , \xi = 0 \end{cases} \quad (4)$$

GPD memiliki tiga tipe distribusi, yaitu tipe I berdistribusi Eksponensial jika  $\xi=0$ , Tipe II berdistribusi Pareto jika  $\xi>0$ , dan Tipe III berdistribusi Beta jika  $\xi<0$ . Untuk mengestimasi parameter dari distribusi *Generalized Pareto Distribution* digunakan metode L-Moment yang merupakan salah satu metode untuk mengestimasi parameter yang merupakan modifikasi dari metode *Probability Weighted Moment*. Dalam Estiningrum (2015) momen dari PWM dengan pembobot  $k$  dapat dihitung dengan.

$$\beta_k = \int_0^1 x(F)F^k dF \quad (5)$$

Dengan  $k$  bilangan cacah dari  $x(F)$  adalah fungsi kuantil dari peubah acak  $X$  yang merupakan fungsi invers dari fungsi distribusi  $F$ . Estimasi parameter L-moment untuk GPD dapat dihitung dengan :

$$\hat{\beta} = \frac{1}{n} \sum \frac{(s-1)(s-2)\dots(s-k)}{(n-1)(n-2)\dots(n-k)} X_{s:n} \quad (6)$$

Berdasarkan persamaan (6) didapatkan:

$$\lambda_1 = \hat{\beta}_0 \quad (7)$$

$$\lambda_2 = 2\hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_0 \quad (8)$$

Berdasarkan persamaan (9) dan (10) dengan  $s = 0$  dan  $s = 1$  diperoleh nilai  $\hat{\xi}$  dan  $\hat{\sigma}$  sebagai berikut:

$$\hat{\xi} = \frac{\lambda_1 - u}{\lambda_2} \quad (9)$$

$$\hat{\sigma} = (1 + \hat{\xi}) (\lambda_1 - u) \quad (10)$$

Keterangan:

$\hat{\xi}$  : Estimasi parameter bentuk.

$\hat{\sigma}$  : Estimasi parameter skala.

Selanjutnya dilakukan uji kesesuaian distribusi menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* sebagai metodelnya guna mengoreksi kesesuaian fungsi distribusi sampel  $F_n(x)$  dengan distribusi teoritis  $F_0(x)$ , dibawah ini merupakan hipotesis uji kesesuaian distribusi:

$H_0: F_n(x) = F_0(x)$  ; data mengikuti distribusi teoritis (GPD)

$H_1: F_n(x) \neq F_0(x)$  ; data tidak mengikuti distribusi teoritis (GPD)

Statistik uji untuk kecocokan distribusi *Kolmogorov-Smirnov* satu sampel dengan perhitungan menggunakan bantuan *software* akan didapat nilai  $p$  - *value* atau *sig.* dengan rentang 0 – 1, sedangkan dengan cara tradisional tanpa *software* statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$D = \max |F_n(x) - F_0(x)| \quad (11)$$

Keterangan:

$D$  : Statistik uji *Kolmogorov-Smirnov*.

$F_n(x)$  : Peluang fungsi kumulatif dari distribusi data yang diamati (sampel).

$F_0(x)$  : Peluang fungsi kumulatif dari distribusi teoritis.

Kriteria uji tolak  $H_0$  jika  $D > D_{1-\alpha/2}$ . Dimana  $D_{1-\alpha/2}$  merupakan nilai kritis yang diperoleh dari tabel *Kolmogorov-Smirnov* pada taraf signifikansi  $\alpha$ . Misalkan, untuk  $\alpha = 0,05$

maka  $D_{1-\alpha/2}$  didekati dengan  $\frac{1,36}{\sqrt{n}}$  (Daniel, 1989). Sedangkan apabila menggunakan output perhitungan *software* kriteria uji untuk tolak  $H_0$  adalah  $p - \text{value} < \alpha$ .

Return level merupakan nilai maksimum yang diharapkan akan melampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu. Penentuan return level pada *Generalized Pareto Distribution* melibatkan parameter bentuk ( $\xi$ ), parameter skala ( $\sigma$ ), dan threshold ( $u$ ). Nilai return level pada  $m$  pengamatan dengan  $\sigma > 0$  yaitu sebagai berikut:

$$x_m = \begin{cases} u + \frac{\hat{\sigma}}{\xi} \left( (m\delta_u)^\xi - 1 \right) & \xi \neq 0 \\ u + \hat{\sigma} \log(m\delta_u) & \xi = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Keterangan:

$x_m$  : Nilai *return level*.

$m$  : *Return period* dalam satuan waktu.

$\hat{\delta}_u$  : Konstanta yang ditaksir dengan  $\frac{n}{N}$ .

$n$  : Ukuran sampel/banyaknya data ekstrim.

$N$  : Ukuran data/banyaknya data awal.

Ekstraksi fitur merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh lebih banyak informasi dari sinyal, ada beberapa macam ekstraksi fitur diantaranya adalah *time domain features* (Rahayuningsih, 2018). Keuntungan menggunakan *time domain* adalah karena lebih cepat untuk dikalkulasi serta tidak diperlukan transformasi matematis. Ada banyak fitur yang digunakan pada *time domain* salah satunya adalah dengan menggunakan *Root Mean Square* (RMS) atau akar kuadrat rata-rata nilai RMS yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N_{bearing}} \sum_{i=1}^{N_{bearing}} x_i^2} \quad (13)$$

Keterangan:

$RMS$  : Nilai fitur ekstraksi dengan metode *Root Mean Square*.

$N_{bearing}$  : Ukuran data *bearing* sebelum diekstraksi.

$x_i$  : Data  $x$  ke- $i$ , dimana  $i = 1, 2, \dots, N_{bearing}$ .

Sebelum melakukan analisis tentunya perlu diketahui variabel yang jadi bahan dalam melakukan analisis, pada penelitian ini digunakan akselerasi vibrasi *bearing*. Data yang digunakan adalah data vibrasi *bearing* yang merupakan data sekunder yang diperoleh dari eksperimen uji *bearing* FEMTO. *Bearing* merupakan komponen mesin yang menompang poros beban, sehingga putaran atau gerakan maju mundur poros dapat dilakukan dengan lancar, aman dan dengan umur yang panjang. *Bearing* harus cukup kuat agar poros dan komponen mesin lainnya bekerja dengan baik.

“Lapisan yang dapat mengurangi gesekan, panas dan keausan serta meningkatkan kinerjanya disediakan untuk kedua benda ini, menghindari kontak langsung” Akbar (2019).

Sinyal vibrasi akselerasi adalah besaran fisik tentang waktu, dan nilainya berubah berisi informasi tentang keadaan komponen mesin.

### 3. Pembahasan dan Diskusi

#### Ekstraksi Data dengan RMS

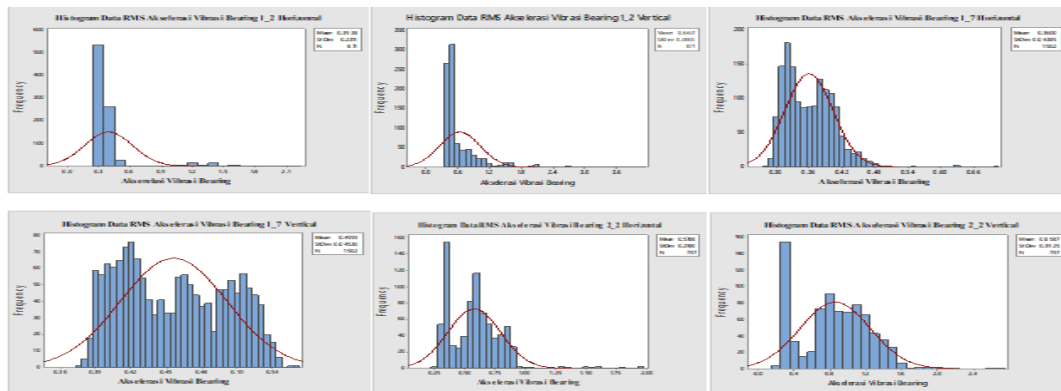
Pada penelitian ini menggunakan data akselerasi vibrasi *bearing* 1\_2, *bearing* 1\_7 dan *bearing* 2\_2 arah *horizontal* dan *vertical* data yang digunakan merupakan hasil ekstraksi fitur dengan *Root Mean Square* (RMS) yang diperoleh dengan bantuan *software* Matlab dengan persamaan (13). Berikut ini adalah tabel hasil fitur ekstraksi pada *bearing* 1\_2, *bearing* 1\_7 dan *bearing* 2\_2.

**Tabel 1.** Ekstraksi Fitur Menggunakan RMS

No	<i>Bearing1_2</i>		No	<i>Bearing 1_7</i>		No	<i>Bearing 2_2</i>	
	Horizontal	Vertical		Horizontal	Vertical		Horizontal	Vertical
1	2.2344	4.0679	1	0.7023	0.5597	1	1.9744	2.6956
2	2.1357	3.9393	2	0.6329	0.5568	2	1.9628	2.6138
871	0.2712	0.4019	1502	0.282	0.3765	797	0.253	0.1896

**Eksplorasi Data**

Setelah mendapatkan nilai RMS untuk setiap *bearing* kemudian dilakukan identifikasi bentuk distribusi menggunakan histogram untuk mengetahui apakah data terindikasi terdapat nilai ekstrim.



**Gambar 1.** Histogram Data RMS Akselerasi Vibrasi *Bearing*

Berdasarkan histogram-histogram di atas yang memperlihatkan sebaran data lebih condong ke kanan serta data menurun secara perlahan ke kanan dapat diindikasikan bahwa data tidak berdistribusi normal karena sebaran tidak simetris.

Sehingga jika dilihat berdasarkan histogram tersebut dapat mengidentifikasi terdapat data yang ekstrim.

**Sampling Data Ekstrim dengan Metode *Peak Over Threshold***

Setelah mengidentifikasi sebaran data dan diduga terdapat nilai ekstrim pada data akselerasi vibrasi *bearing 1\_2*, *bearing 1\_7* dan *bearing 2\_2* dengan arah *horizontal* dan *vertical*, selanjutnya menyampling data ekstrim menggunakan metode *Peak Over Threshold*. *Peak Over Threshold* merupakan metode penyempingan data ekstrim dengan mengambil data yang melebihi ambang batas atau *threshold (u)* maka sebelum melakukan penyamplingan data ekstrim, sebelumnya perlu menentukan nilai ambang batas atau *threshold (u)* menggunakan metode presentase.

**Identifikasi Nilai *Threshold***

Penentuan nilai ambang batas atau *threshold* dengan menggunakan Metode Persentase. Berdasarkan persamaan (1) dan (2) dengan bantuan *software Rstudio* dan *excel*. Berikut identifikasi nilai *threshold* dengan metode persentase:

**Tabel 2.** Nilai *Threshold (u)* untuk Setiap *Bearing*

	N	n	u
<b>Bearing 1_2 Horizontal</b>	871	87	0.433
<b>Bearing 1_2 Vertical</b>	871	87	1.04
<b>Bearing 1_7 Horizontal</b>	1502	150	0.414
<b>Bearing 1_7 Vertical</b>	1502	150	0.52
<b>Bearing 2_2 Horizontal</b>	797	80	0.842

<b>Bearing 2_2 Vertical</b>	797	80	1.34
-----------------------------	-----	----	------

### Estimasi Parameter

Setelah didapat nilai *threshold* untuk setiap *bearing*, selanjutnya digunakan metode estimasi L-Moment untuk menghitung estimasi parameter. Berikut merupakan hasil estimasi parameter distribusi *Generalized Pareto Distribution* (GPD) dengan metode estimasi L-Moment.

**Tabel 3.** Estimasi Parameter *Generalized Pareto Distribution* (GPD)

	Parameter Skala $\hat{\sigma}$	Parameter Bentuk $\hat{\xi}$
<b>Bearing 1_2 Horizontal</b>	0.4992	-0.0269
<b>Bearing 1_2 Vertical</b>	0.4751	0.1007
<b>Bearing 1_7 Horizontal</b>	0.0215	0.2220
<b>Bearing 1_7 Vertical</b>	0.0132	-0.3699
<b>Bearing 2_2 Horizontal</b>	0.0914	0.3565
<b>Bearing 2_2 Vertical</b>	0.1673	0.1682

### Uji Kecocokan Distribusi

Setelah didapat nilai parameter skala dan bentuk maka selanjutnya dilakukan uji kecocokan distribusi menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* sebagai metodenya. Hipotesis untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

$H_0: F_n(x) = F_0(x)$ ; data mengikuti distribusi teoritis (GPD)

$H_1: F_n(x) \neq F_0(x)$ ; data tidak mengikuti distribusi teoritis (GPD)

Berikut ini merupakan hasil pengujian kecocokan distribusi dengan menggunakan *software* MATLAB 2014a:

**Tabel 4.** Uji Kecocokan Distribusi

	<i>P - Value</i>	Keputusan
<b>Bearing 1_2 Horizontal</b>	9.1702e-07	Tolak $H_0$
<b>Bearing 1_2 Vertical</b>	0.4321	Terima $H_0$
<b>Bearing 1_7 Horizontal</b>	0.4450	Terima $H_0$
<b>Bearing 1_7 Vertical</b>	0.8711	Terima $H_0$
<b>Bearing 2_2 Horizontal</b>	1.0686e-05	Tolak $H_0$
<b>Bearing 2_2 Vertical</b>	0.1275	Terima $H_0$

Menunjukkan bahwa *p - value* pada *bearing 1\_2* (vertical), *bearing 1\_7* (horizontal), *bearing 1\_7* (vertical), dan *bearing 2\_2* (vertical) memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan  $\alpha$  dan *p - value* pada *bearing 1\_2* (horizontal) dan *bearing 2\_2* (horizontal) memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan  $\alpha$  sehingga dapat disimpulkan *bearing 1\_2* (vertical), *bearing 1\_7* (horizontal), *bearing 1\_7* (vertical), dan *bearing 2\_2* (vertical) mengikuti distribusi *Generalized Pareto Distribution* dan *bearing 1\_2* (horizontal) dan *bearing 2\_2* (horizontal) tidak mengikuti distribusi *Generalized Pareto Distribution*.

### Return Period

Berdasarkan hasil uji kesesuaian distribusi di atas dapat disimpulkan bahwa data RMS akselerasi vibrasi *bearing* yang data ekstrimnya mengikuti distribusi *Generalized Pareto Distribution* adalah *bearing 1\_2* arah vertical, *bearing 1\_7* arah horizontal, dan *bearing 2\_2* arah vertical. Setelah didapat sebaran data yang berdistribusi *Generalized Pareto Distribution* dengan metode *L-Moment* maka dapat dilakukan prediksi untuk *return period* dan *return level* dengan menggunakan persamaan (12) yang ditunjukkan dalam tabel 5

**Tabel 5.** Return Period dan Return Level

Return Level	Return Level		
	Bearing 1_2 Vertical	Bearing 1_7 Horizontal	Bearing 2_2 Vertical
1 Bulan	9.4488	1.2414	5.8448
2 Bulan	10.3978	1.3951	6.5248
3 Bulan	10.9844	1.4967	6.961
4 Bulan	11.4154	1.5745	7.2889
5 Bulan	11.7584	1.6383	7.5545
6 Bulan	12.0444	1.6929	7.779
840 Bulan	22.1823	4.4379	17.4133
960 Bulan	22.5324	4.5619	17.801
1200 Bulan	23.128	4.7774	18.4686
1440 Bulan	23.6247	4.9617	19.033
1560 Bulan	23.8457	5.0449	19.2863
2040 Bulan	24.5993	5.3351	20.1605

Pada tabel 5 di atas dilihat bahwa *bearing 1\_2 vertical* lebih besar nilai return level-nya dibandingkan dengan *bearing 1\_7 horizontal* dan *bearing 2\_2 vertical* yang menghasilkan prediksi akselerasi vibrasi lebih kecil. (Tayade, 2019) masa manfaat *bearing* dianggap berakhir ketika vibrasinya mencapai 20. Dari tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa *bearing 1\_2 vertical* akan mengalami kerusakan pada rentang waktu 29 tahun sampai 30 tahun karena nilai *return level* pada waktu 29 tahun (348 bulan) adalah 19.9864 dan pada saat 30 tahun (369 bulan) adalah 20.0673. Untuk *bearing 2\_2 vertical* akan mengalami kerusakan pada rentang waktu 170 tahun karena nilai *return level* pada waktu 170 tahun (2040 bulan) adalah 20.1605. Dan untuk *bearing 1\_7 horizontal* akan mengalami kerusakan pada waktu yang sangat lama yaitu lebih dari 170 tahun karena pada waktu 170 tahun nilai return levelnya adalah 5.3351.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Metode peaks over threshold dan estimasi parameter L-Moment kedua metode merupakan metode yang sesuai untuk masalah sampling dan estimasi peaks over threshold dimana sampling yang didapat untuk *bearing 1\_2 Vertical* terdapat 87 data ekstrim, *bearing 1\_7 Horizontal* terdapat 150 data ekstrim dan *bearing 2\_2 Vertical* terdapat 80 data ekstrim.
2. Mengestimasi parameter *Generalized Pareto Distribution* dengan metode L-Moment menghasilkan dua buah parameter yaitu parameter bentuk ( $\xi$ ) dan parameter skala ( $\sigma$ ). Masing – masing *bearing* memiliki nilai parameternya akan tetapi yang berdistribusi GPD adalah *bearing 1\_2 Vertical*, *bearing 1\_7 Horizontal* dan *bearing 2\_2 Vertical* yang dapat dibuktikan dengan nilai  $\xi > 0$ . Nilai  $\hat{\xi}$  dan  $\hat{\sigma}$  [0.1007, 0.4751] untuk *bearing 1\_2 vertical*, [0.2220, 0.0215] untuk *bearing 1\_7 horizontal* dan [0.1682, 0.1673] untuk *bearing 2\_2 vertical*.
3. Perhitungan *return period* dan *return level* menggunakan  $\hat{\xi}$  dan  $\hat{\sigma}$  untuk *bearing 1\_2 Vertical* diperoleh nilai *return level* vibrasi mencapai 20 diwaktu diwaktu 30 tahun untuk *bearing 2\_2 Vertical* diperoleh nilai *return level* vibrasi mencapai 20 diwaktu diwaktu 170 tahun sedangkan *bearing 1\_7 horizontal* nilai *return level* bertambah sedikit setiap bulannya menandakan bahwa *bearing 1\_7 horizontal* dapat beroperasi lebih lama sehingga dapat disimpulkan bahwa sisa usia pakai untuk *bearing 1\_2 Vertical* adalah 30 tahun, untuk *bearing 2\_2 Vertical* adalah 170 tahun dan untuk *bearing 1\_7 horizontal*

lebih dari 170 tahun.

### **Acknowledge**

Terima kasih kepada seluruh pihak yang membantu memberi saran maupun masukan sampai terlaksananya penelitian ini.

### **Daftar Pustaka**

- [1] Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. London: Springer-Verlag.
- [2] Gilli, M., Kellezi, E. (2003). *An Application of Extreme Value Theory for Measuring Risk*. Elsevier Science.
- [3] Prayoga, I. S. (2020). *Pemodelan Kerugian Bencana Banjir Akibat Curah Hujan Ekstrem Menggunakan Extreme Value Theory Value Theory dan Capula*. Yogyakarta: Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
- [4] Rahayuningsih, Ifut. Dkk. (2018). Klasifikasi Bahasa Isyarat Indonesia Berbasis EMG Menggunakan Fitur Time Domain (MAV, RMS, VAR, SSI). *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 2337-3520.
- [5] Yulianto Anggi Priliani, Darwis Sutawanir. (2021). *Penerapan Metode K-Nearest Neighbors (kNN) pada Bearing*. *Jurnal Riset Statistika*, 1(1), 10-18.