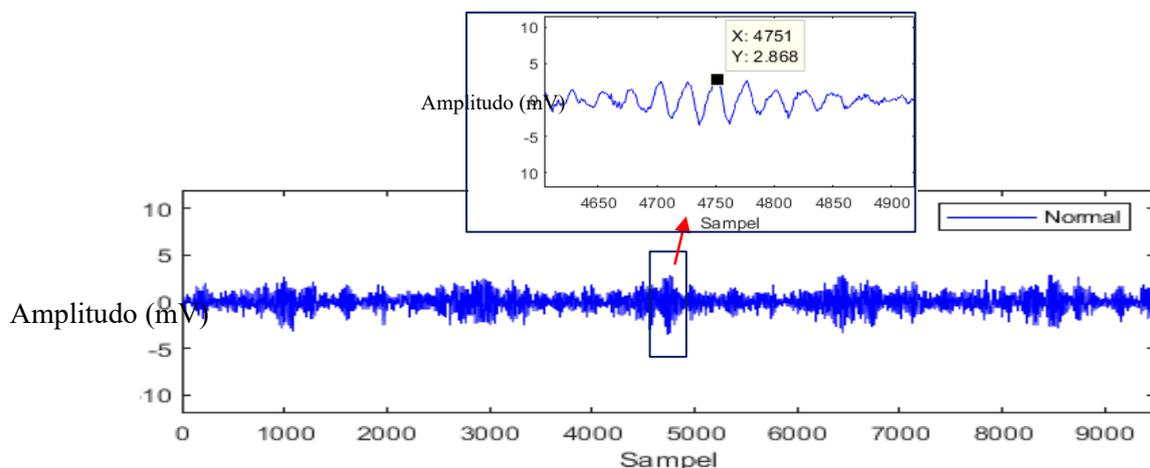
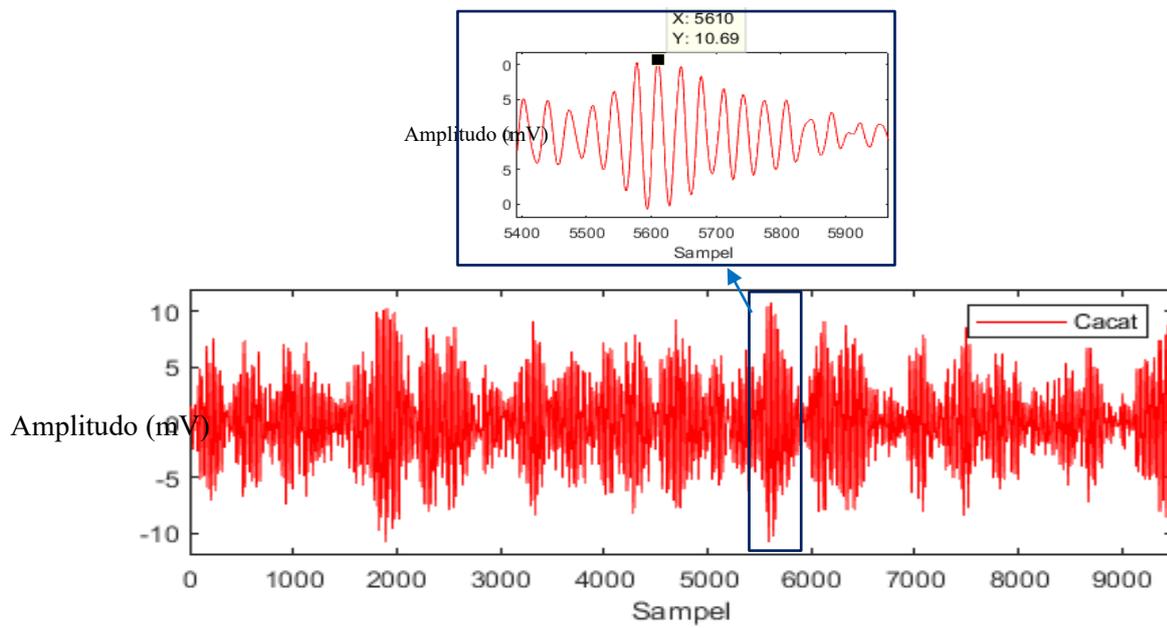


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1.1 Hasil Akuisi Data Sinyal Getaran

Akuisisi data sinyal getaran dilakukan dengan dua variasi kondisi, yaitu bantalan normal, dan cacat pada lintasan luar. Masing – masing variasi tersebut menghasilkan 700 file data berbasis domain waktu. Gambar 4.1 (a) menunjukkan *plot* domain waktu pada bantalan luar dan Gambar 4.1 (b) menunjukkan *plot* domain waktu pada bantalan cacat lintasan luar. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa amplitudo yang ditimbulkan pada bantalan cacat lintasan luar lebih tinggi daripada bantalan yang normal. Menurut Susilo (2008) bantalan yang mengalami cacat lintasan luar menimbulkan gesekan (benturan) dari permukaan lintasan dengan bola maupun *cage* yang berputar dan gaya eksitasi elemen tersebut meningkat, sehingga getaran yang ditimbulkan bertambah besar. Getaran yang bertambah besar dapat menimbulkan kenaikan amplitudo pada plot domain waktu. Gambar 4.1 (b) yang diambil dari sampel getaran bantalan cacat lintasan luar, memiliki amplitudo tertinggi sebesar 10,69 mV lebih tinggi dari sampel data getaran dari bantalan normal Gambar 4.1 (a) yang memiliki amplitudo tertinggi 2,868 mV. Namun demikian dengan mengetahui besarnya amplitudo tidak dapat menggambarkan dimana letak cacat yang terjadi. Oleh karena itu dilakukan proses lanjutan berupa klasifikasi SVM.



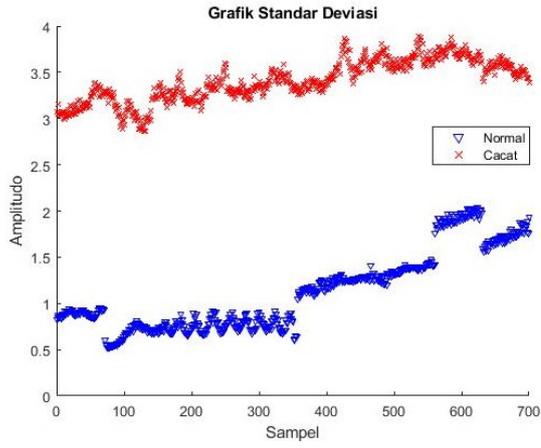


**b**

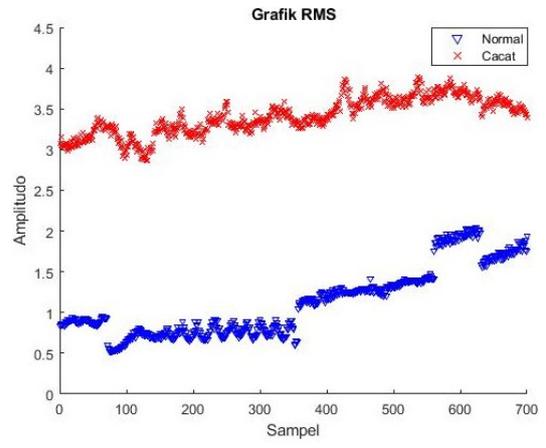
**Gambar 4.1** Domain Waktu (a) Bantalan Normal, (b) Bantalan Cacat Lintasan

## 1.2 Parameter Statistik Domain Waktu

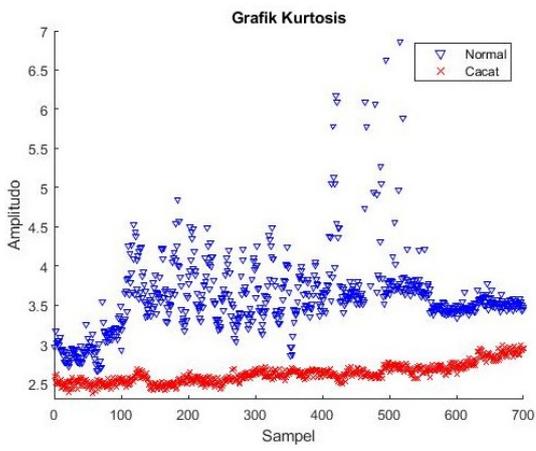
Klasifikasi *SVM* pada prosesnya memerlukan beberapa parameter statistik untuk membantu dalam pengelompokan berdasarkan karakteristik dari data yang direkam. 700 data normal dan 700 data cacat yang direkam dilakukan klasifikasi dengan menggunakan beberapa parameter statistik. Percobaan dilakukan dengan mengekstraksi data kedalam 17 parameter statistik diantaranya; *Standard Deviation (SD)*, *Root Mean Square (RMS)*, *Peak Value*, *Kurtosis*, *Crest Factor*, *Variance*, *Mean*, *Entropy*, *Minimum Value*, *Standard Error (SE)*, *Skewness*, *Maximum Value*, *Range*, *Sum*, *Median*, *Signal to Noise and Distortion Ratio (SINAD)*, dan *Signal to Noise Ratio (SNR)*. Parameter statistik domain waktu yang baik digunakan sebagai input klasifikasi *SVM* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



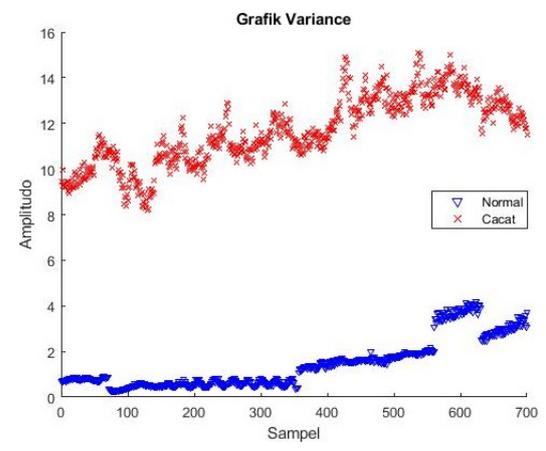
(a)



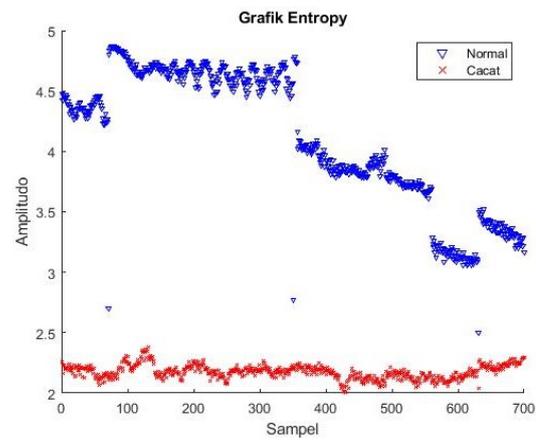
(b)



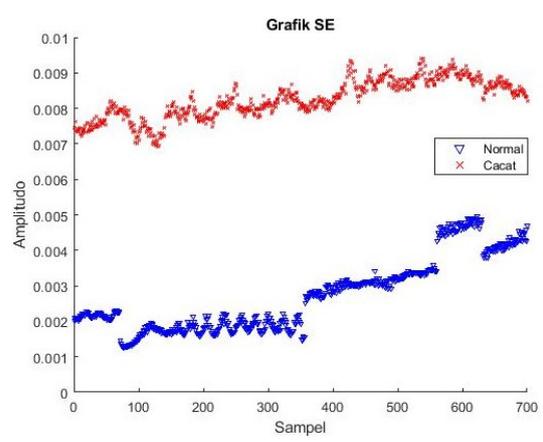
(c)



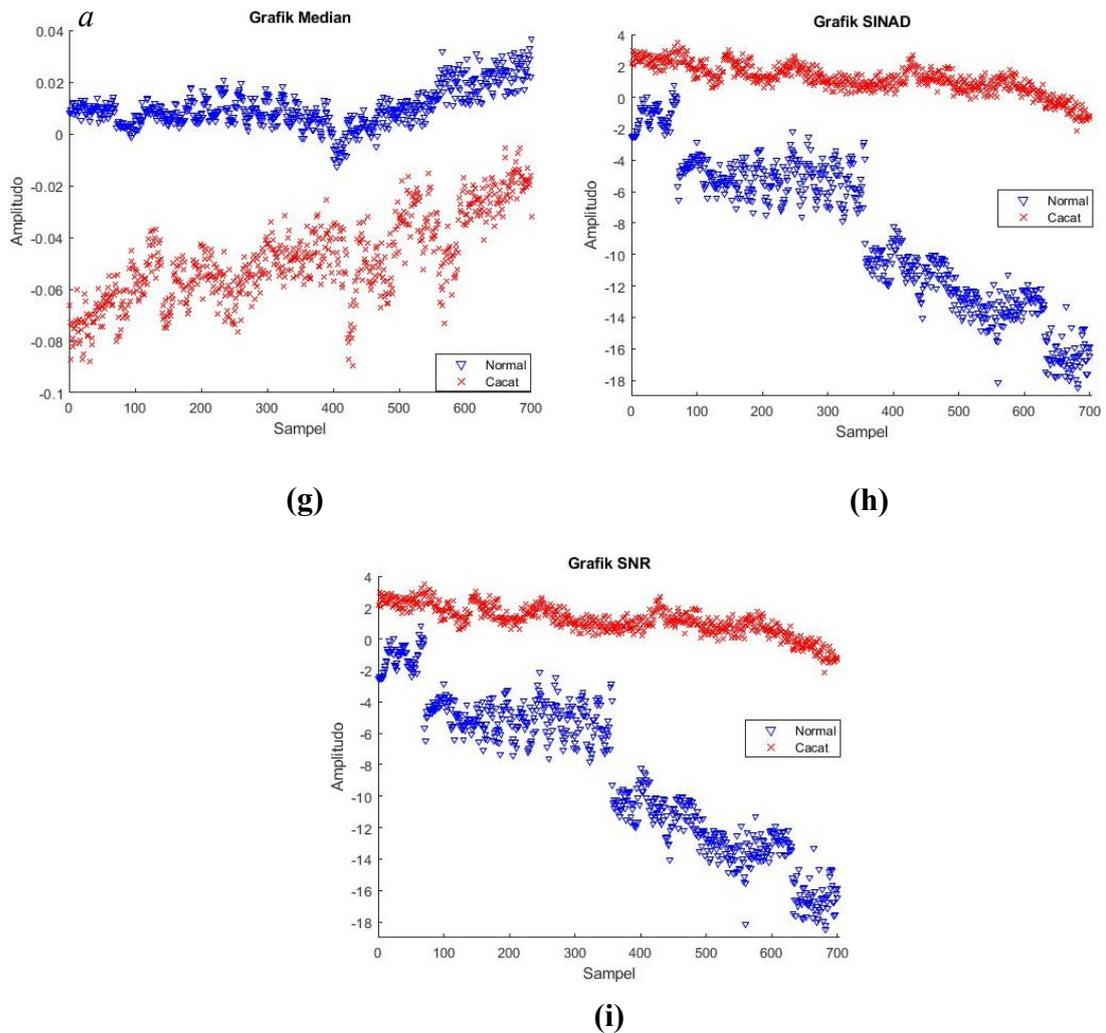
(d)



(e)



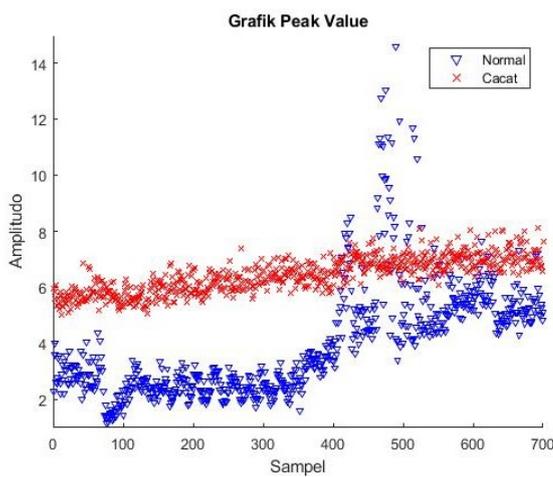
(f)



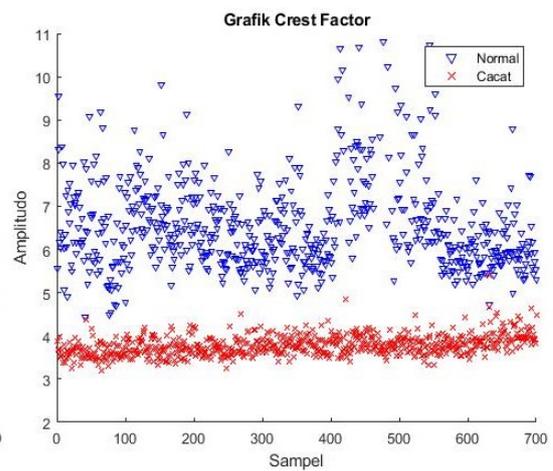
**Gambar 4.2** (a) Standar Deviasi (b) *RMS*. (c) *Kurtosis*. (d) *Variance*. (e) *Entropy*. (f) *Standard Error*. (g) *Median*. (h) *SINAD*. (i) *SNR*.

Gambar 4.2 menunjukkan keandalan beberapa parameter statistik dalam memisahkan kedua kelompok data/ kelas. Parameter statistik tersebut diantaranya *RMS*, Standar Deviasi, *Kurtosis*, *Variance*, *Entropy*, *Standard Error*, *Median*, *SINAD*, dan *SNR*. Parameter tersebut baik digunakan sebagai input klasifikasi *SVM* karena berdasarkan grafik menunjukkan kedua kelas dapat dipisahkan dengan baik dan tidak terdapat data yang saling bertumpuk. Penelitian untuk mendiagnosa kerusakan pada bantalan bola oleh Fathurrohman dkk, (2019) yang dalam

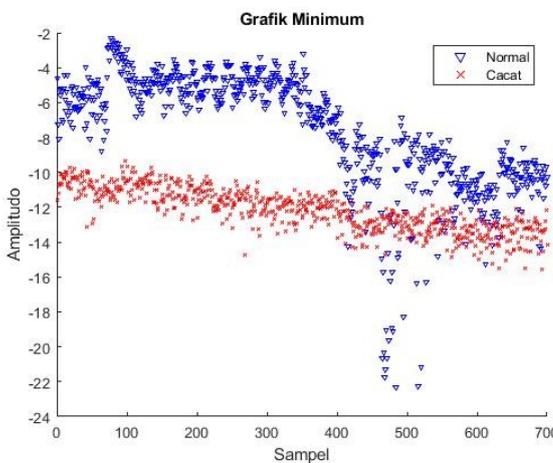
penelitiannya menggunakan 6 parameter statistik, beberapa parameter yang digunakan selaras dengan hasil penelitian ini dimana parameter statistik yang dapat memisahkan kedua kelas dengan baik dari ke-6 parameter tersebut adalah *RMS*, Standar Deviasi, *Variance*, *Kurtosis*, dan *Entropy*. Selain itu didapatkan juga hasil parameter yang dapat digunakan untuk memisahkan kedua kelas tetapi tidak sempurna. Parameter tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3



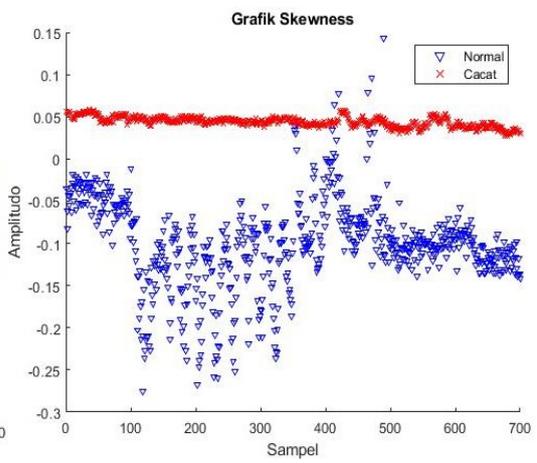
(a)



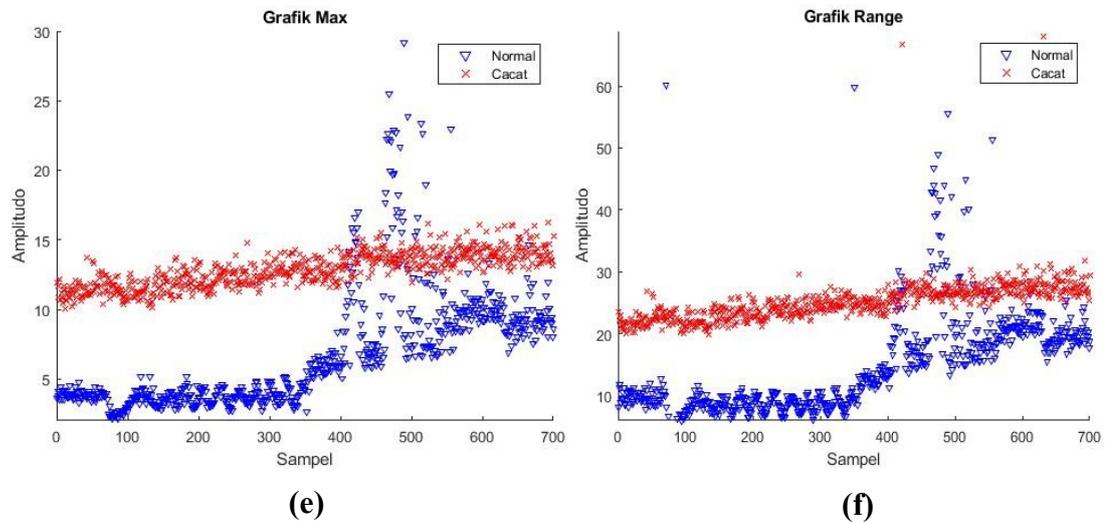
(b)



(c)

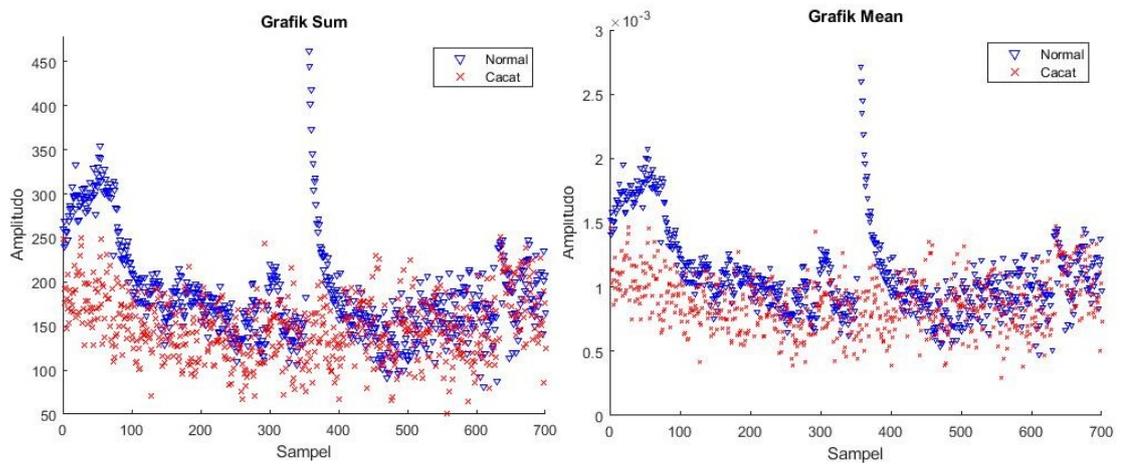


(d)



**Gambar 4.3 (a) Peak Value. (b) Crest Factor. (c) Minimum. (d) Skewness. (e) Maximum. (f) Range**

Gambar 4.3 menunjukkan parameter statistik yang dapat memisahkan kedua kelas tetapi tidak sempurna. Parameter tersebut diantaranya *Peak Value*, *Crest Factor*, *Minimum*, *Skewness*, *Maximum*, *Range*. Gambar 4.3 menggambarkan bahwa parameter tersebut dapat digunakan sebagai input klasifikasi SVM namun tidak sempurna karena grafik menunjukkan kedua kelas dapat dipisahkan dan masih terdapat sebaran data yang bertumpuk. Berdasarkan grafik dapat dilihat hampir semua parameter selain *crest factor*, sebaran data antara data ke-400 sampai 700 terdapat data berbeda kelas yang bertumpuk. Data yang bertumpuk tersebut dapat terjadi karena adanya gangguan dari luar yang terbaca oleh parameter statistik yang digunakan sehingga membuat kedua data yang diekstaksi kedalam parameter statistik tidak dapat dibedakan. Adapun parameter yang diujikan menunjukkan parameter tersebut tidak dapat digunakan sebagai input klasifikasi SVM. Parameter yang tidak dapat digunakan sebagai input klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4 (a) SUM. (b) Mean**

Gambar 4.4 menunjukkan parameter statistik yang tidak dapat digunakan sebagai input klasifikasi SVM. Parameter tersebut adalah SUM dan Mean karena kedua parameter tersebut menunjukkan sebaran data kedua kelas yang saling bertumpuk. Hal tersebut dapat terjadi karena data yang diekstraksi kedalam kedua parameter tersebut menunjukkan nilai yang hampir sama sehingga membuat kedua kelas tidak dapat dibedakan.

Parameter Statistik yang berjumlah 17 dapat mewakili nilai dari sekumpulan data dengan 17 sudut pandang berbeda. Setiap parameter statistik dapat digunakan sebagai input dari proses identifikasi, akan tetapi terdapat beberapa parameter statistik yang tidak dapat mengelompokkan sekumpulan data sejenis dengan baik. Untuk itu dipilihlah beberapa parameter statistik yang dapat memisahkan sekumpulan data yang memiliki dua kondisi yang berbeda.

Keseluruhan hasil dari pengujian parameter statistik untuk mengklasifikasi data bantalan normal dengan data cacat pada lintasan luar dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1** Hasil Analisa Parameter Statistik

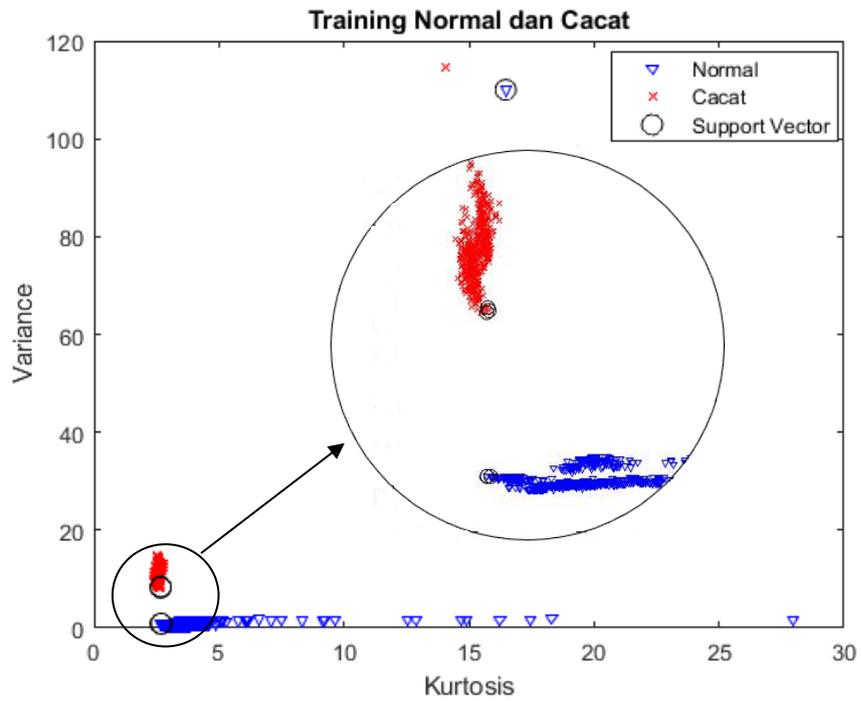
Nama Parameter Statistik	Hasil Analisa Parameter
<i>RMS, Standar Deviasi, Kurtosis, Variance, Entropy, Standard Error, Median, SINAD, SNR</i>	Dapat memisahkan data getaran bantalan normal dengan bantalan cacat lintasan luar dengan baik
<i>Peak Value, Crest Factor, Minimum, Skewness, Maximum, Range</i>	Dapat digunakan untuk memisahkan data bantalan normal dan bantalan cacat tetapi belum sempurna karena masih terdapat data yang jauh dari kelompok sebaran data sejenisnya.
<i>Mean, SUM</i>	Tidak dapat digunakan untuk memisahkan data getaran bantalan normal dengan bantalan cacat lintasan luar karena data yang ditampilkan tercampur.

### 1.3 Klasifikasi SVM

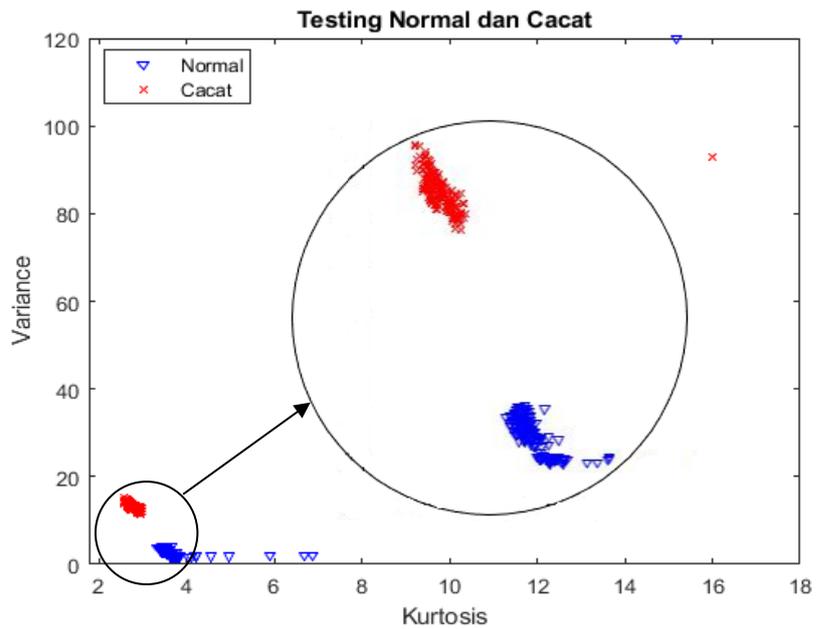
Klasifikasi SVM dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB r2018a *Toolbox SVM*. Data yang digunakan untuk proses klasifikasi adalah dua kondisi bantalan berbeda, yaitu bantalan normal dan bantalan cacat pada lintasan luarnya. Hasil klasifikasi tersebut dijabarkan sebagai berikut.

#### 1.3.1 Hasil Klasifikasi Parameter *Kurtosis* dengan *Variance*

Hasil klasifikasi data yang menggunakan parameter *Kurtosis* dengan *Variance* ditunjukkan pada Gambar 4.10. Model *training* dapat dilihat pada Gambar 4.5 (a) dan hasil *testing* ditunjukkan pada Gambar 4.5 (b). Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat persamaan pola sebaran data. Hal tersebut dikarenakan proses *testing* tidak membangun model baru tetapi menempati model yang sudah dibuat dalam proses *training*.



(a)



(b)

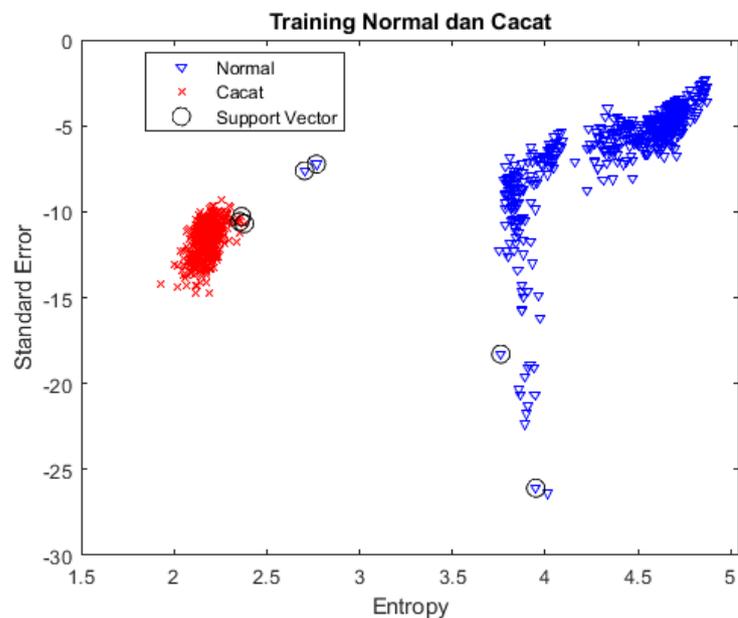
**Gambar 4.5** (a) *Training Parameter Kurtosis dan Variance*, (b) *Testing Parameter Kurtosis dan Variance*

Gambar 4.5 menunjukkan kombinasi parameter statistik *Kurtosis* dengan *Variance* handal dalam proses klasifikasi SVM. Kombinasi parameter tersebut

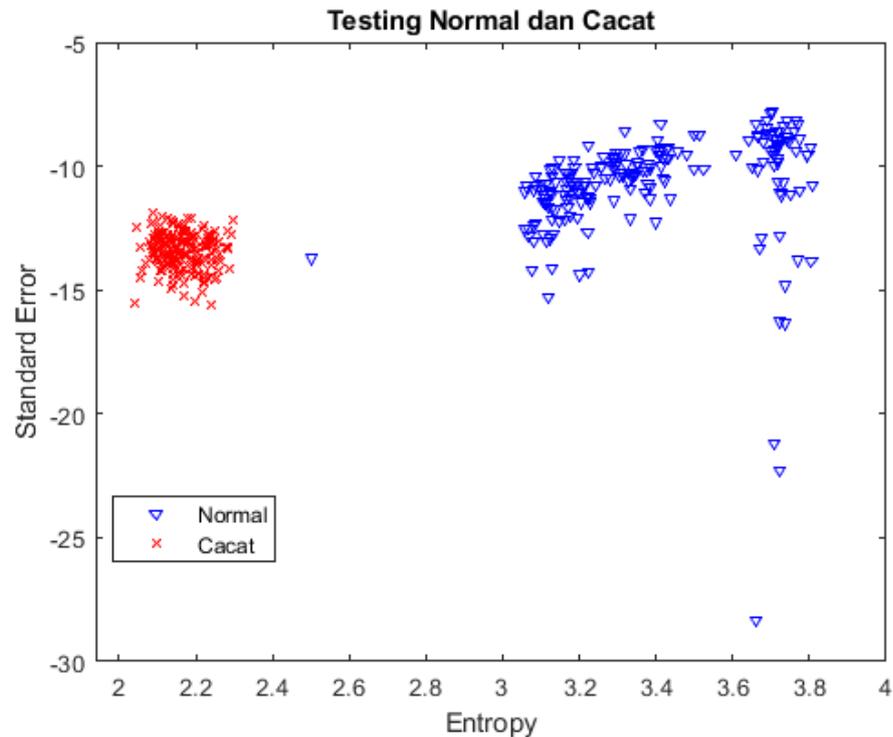
dipilih berdasarkan pengamatan visual dari ekstraksi parameter dimana parameter tersebut dapat memisahkan kedua kelas dengan baik. Kombinasi parameter ini baik digunakan karena menggambarkan nilai kelancipan dan kedataran relatif sebuah distribusi dibanding distribusi normal sinyal dan seberapa jauh kumpulan data tersebar. Nilai tersebut dipengaruhi oleh cacat bantalan pada lintasan luar yang membuat terjadinya peningkatan nilai kelancipan dan tingkat kejauhan data tersebar.

### 1.3.2 Hasil Klasifikasi Parameter *Entropy* dengan *Standard Error (SE)*

Hasil klasifikasi parameter *Entropy* dengan *Standard Error (SE)* dapat dilihat pada Gambar 4.6. Model *training* dapat dilihat pada Gambar 4.6 (a) dan data untuk *testing* ditunjukkan pada Gambar 4.6 (b).



(a)



(b)

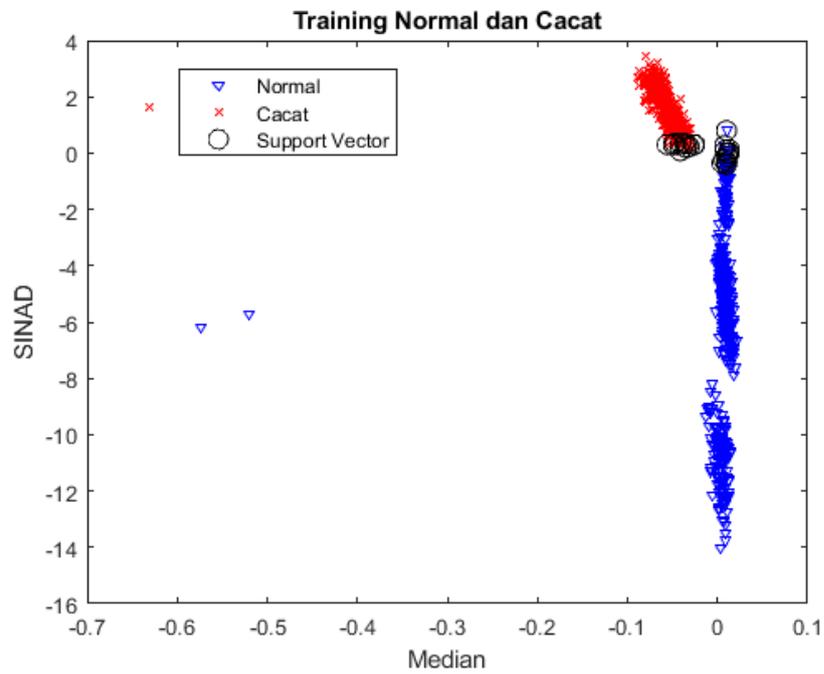
**Gambar 4.6** (a) *Training Parameter Entropy dan Standard Error*, (b) *Testing Parameter Entropy dan Standard Error*

Gambar 4.6 menunjukkan kesamaan pola pada data training dan data testing. Kesamaan tersebut menggambarkan bahwa kombinasi parameter dari *Entropy* dengan *Standard Error* dapat digunakan sebagai input pada proses klasifikasi SVM. Kombinasi tersebut dapat memisahkan dapat memisahkan kedua kelas dengan baik karena berdasarkan ekstraksi parameter sudah menunjukkan keandalan dalam memisahkan kedua kelas. Kombinasi parameter ini menyatakan nilai keadaan mikroskopis suatu sistem dan tingkat energi dari rata-rata pada kelompok data.

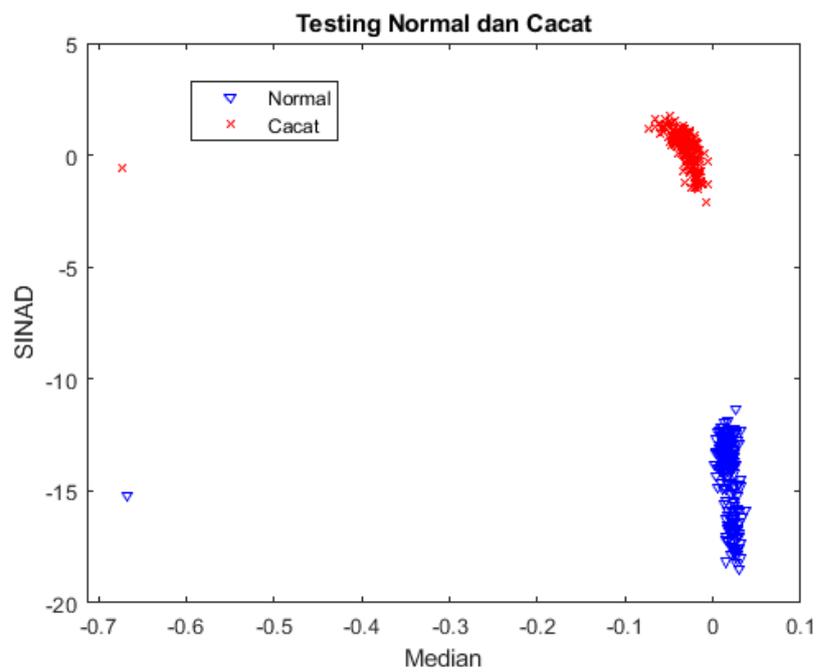
### 1.3.3 Hasil Klasifikasi Parameter *Median* Dengan *SINAD*

Hasil klasifikasi parameter *Median* dengan *SINAD* ditunjukkan pada Gambar 4.7. Grafik yang mempresentasikan sebaran data training ditunjukkan pada Gambar 4.7 (a) dan sebaran data testing ditunjukkan pada Gambar 4.7 (b) dimana

data tersebut merupakan data gabungan dari data getaran bantalan normal dan bantalan cacat pada lintasan luar.



(a)



(b)

**Gambar 4.7** (a) *Training* Parameter *Median* dan *SINAD*, (b) *Testing* Parameter *Median* dan *SINAD*

Gambar 4.7 menggambarkan bahwa parameter tersebut baik digunakan untuk proses klasifikasi bantalan normal dan bantalan cacat pada lintasan luar. Kombinasi parameter ini menunjukkan nilai tengah dari suatu kelompok data dan ukuran kualitas dari kelompok data tersebut. Kedua kelas dapat dipisahkan dengan baik karena berdasarkan kualitas dan nilai tengah kelompok data tersebut menunjukkan hasil yang berbeda, karena pengaruh dari gesekan atau getaran berlebih dari data bantalan cacat lintasan luar.

#### **1.3.4 Hasil Penerapan Fungsi Kernel pada SVM**

Hasil klasifikasi *SVM* biasanya dapat diperoleh dengan pengamatan dari hasil grafik hasil klasifikasi. Tetapi dengan pengamatan tersebut tidak dapat mempresentasikan seberapa baik klasifikasi *SVM* yang telah dilakukan. Untuk itu dilakukan proses testing yang digunakan sebagai indikator kesuksesan dari proses klasifikasi tersebut.

Pada proses *testing*, dilakukan pemberian nilai estimasi untuk kapabilitas generalisasi dari model dengan perhitungan tingkat akurasi. Tingkat akurasi tersebut didapat berdasarkan bagaimana set data *testing* dapat menempati posisi sesuai dengan kondisi yang telah dimodelkan oleh data *training*. Tingkat akurasi diperoleh dengan pendekatan fungsi kernel supaya mampu bekerja pada dataset yang berdimensi tinggi. Fungsi kernel yang digunakan pada penelitian ini adalah *Linear*, *RBF*, dan *Polynomial*. Klasifikasi dengan kombinasi parameter yang diujikan dengan ketiga parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Tingkat akurasi dari kombinasi parameter dengan fungsi kernel

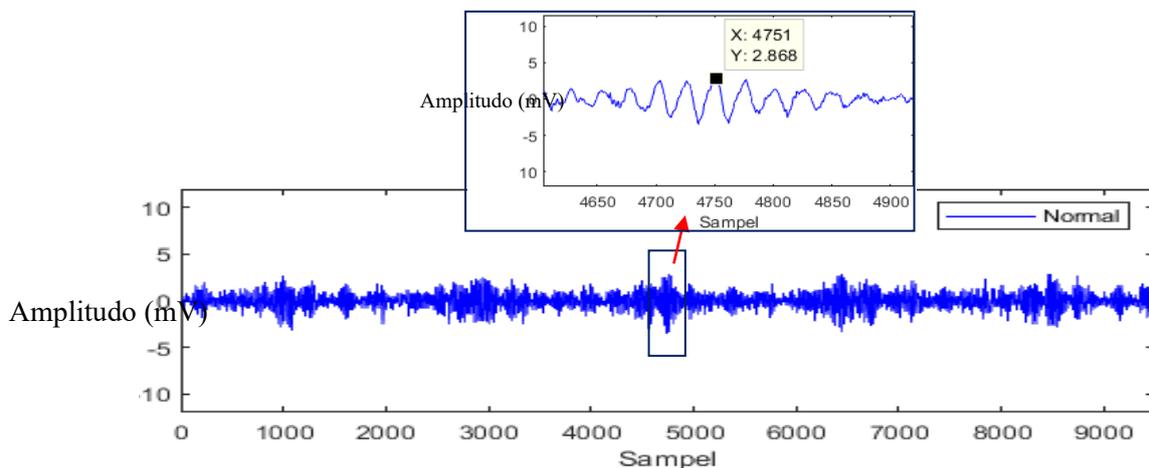
<b><i>Kombinasi Parameter Statistik</i></b>	<b><i>Akurasi Kernel Linear</i></b>	<b><i>Akurasi Kernel RBF</i></b>	<b><i>Akurasi Kernel Polynomial</i></b>
<i>Kurtosis dengan Variance</i>	99,75 %	100 %	99,75 %
<i>Entropy dengan Standard Error</i>	99,75 %	99,75 %	100 %
<i>Median dengan SINAD</i>	100 %	100 %	100 %

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan kombinasi parameter *Kurtosis* dengan *Variance* didapatkan akurasi terbaik setinggi 100% dengan menggunakan kernel *RBF*. Kombinasi parameter *Entropy* dan *Standard Error* didapat akurasi terbaik setinggi 100% yang menggunakan kernel *polynomial*. Kombinasi parameter statistik *Median* dengan *SINAD* ketiga kernel menunjukkan akurasi yang sama pada ketiga kernel yaitu setinggi 100%. Kesimpulan dari analisis dengan menggunakan kombinasi parameter statistik dengan ketiga kernel adalah; Kombinasi parameter terbaik untuk mengidentifikasi cacat lintasan luar pada bantalan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan adalah kombinasi dari parameter statistik *Median* dengan *SINAD*.

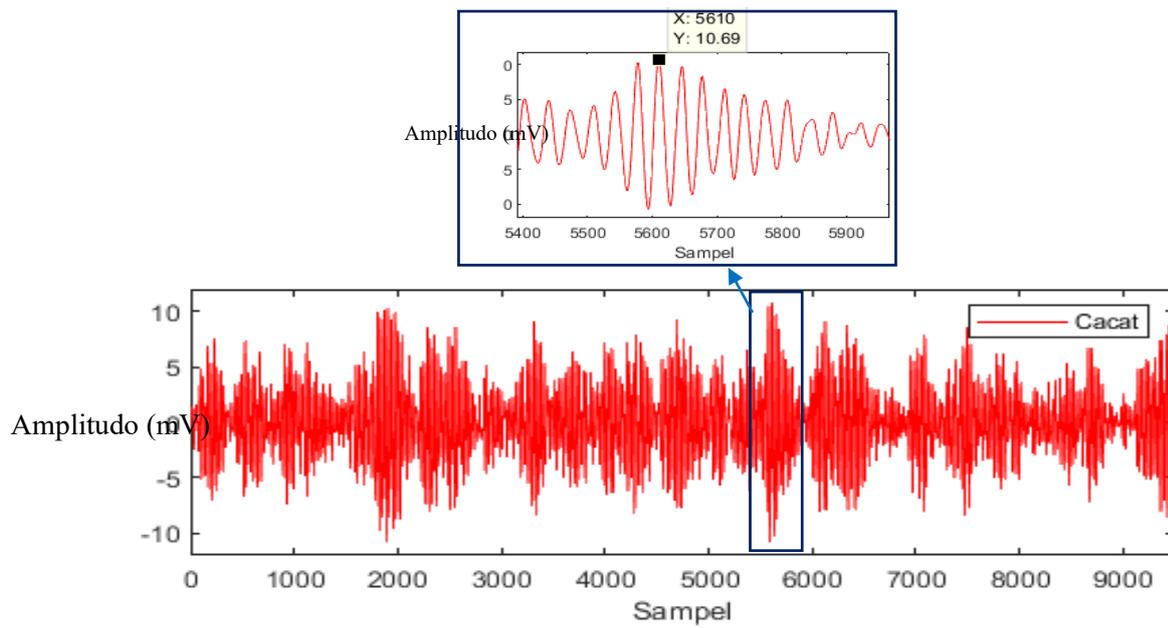
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1.4 Hasil Akuisi Data Sinyal Getaran

Akuisisi data sinyal getaran dilakukan dengan dua variasi kondisi, yaitu bantalan normal, dan cacat pada lintasan luar. Masing – masing variasi tersebut menghasilkan 700 *file* data berbasis domain waktu. Gambar 4.1 (a) menunjukkan *plot* domain waktu pada bantalan luar dan Gambar 4.1 (b) menunjukkan *plot* domain waktu pada bantalan cacat lintasan luar. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa amplitudo yang ditimbulkan pada bantalan cacat lintasan luar lebih tinggi daripada bantalan yang normal. Menurut Susilo (2008) bantalan yang mengalami cacat lintasan luar menimbulkan gesekan (benturan) dari permukaan lintasan dengan bola maupun *cage* yang berputar dan gaya eksitasi elemen tersebut meningkat, sehingga getaran yang ditimbulkan bertambah besar. Getaran yang bertambah besar dapat menimbulkan kenaikan amplitudo pada *plot* domain waktu. Gambar 4.1 (b) yang diambil dari sampel getaran bantalan cacat lintasan luar, memiliki amplitudo tertinggi sebesar 10,69 mV lebih tinggi dari sampel data getaran dari bantalan normal Gambar 4.1 (a) yang memiliki amplitudo tertinggi 2,868 mV. Namun demikian dengan mengetahui besarnya amplitudo tidak dapat menggambarkan dimana letak cacat yang terjadi. Oleh karena itu dilakukan proses lanjutan berupa klasifikasi SVM.



a

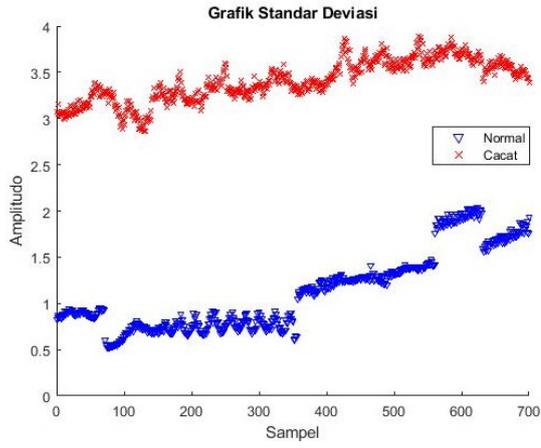


**b**

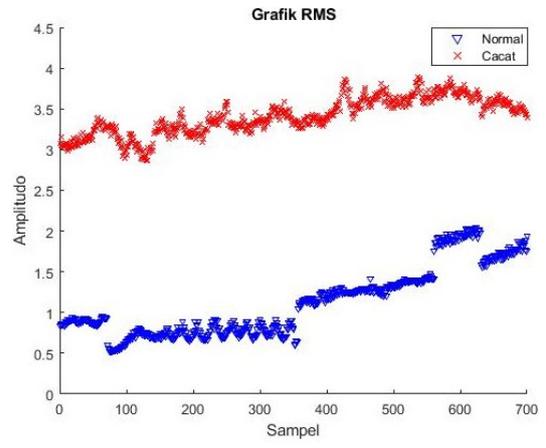
**Gambar 4.1** Domain Waktu (a) Bantalan Normal, (b) Bantalan Cacat Lintasan

### 1.5 Parameter Statistik Domain Waktu

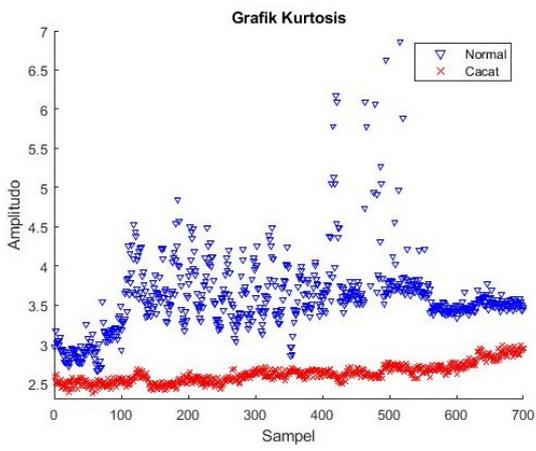
Klasifikasi *SVM* pada prosesnya memerlukan beberapa parameter statistik untuk membantu dalam pengelompokan berdasarkan karakteristik dari data yang direkam. 700 data normal dan 700 data cacat yang direkam dilakukan klasifikasi dengan menggunakan beberapa parameter statistik. Percobaan dilakukan dengan mengekstraksi data kedalam 17 parameter statistik diantaranya; *Standard Deviation (SD)*, *Root Mean Square (RMS)*, *Peak Value*, *Kurtosis*, *Crest Factor*, *Variance*, *Mean*, *Entropy*, *Minimum Value*, *Standard Error (SE)*, *Skewness*, *Maximum Value*, *Range*, *Sum*, *Median*, *Signal to Noise and Distortion Ratio (SINAD)*, dan *Signal to Noise Ratio (SNR)*. Parameter statistik domain waktu yang baik digunakan sebagai input klasifikasi *SVM* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



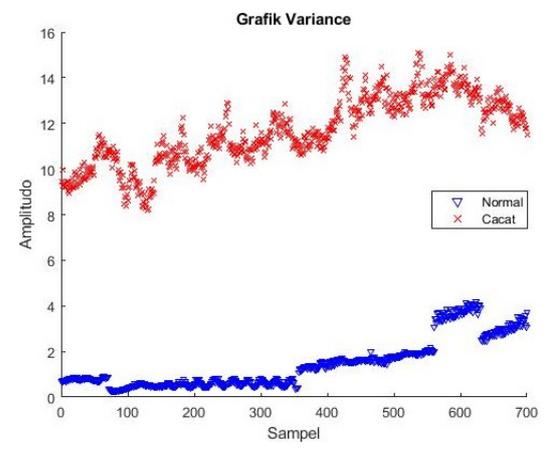
(a)



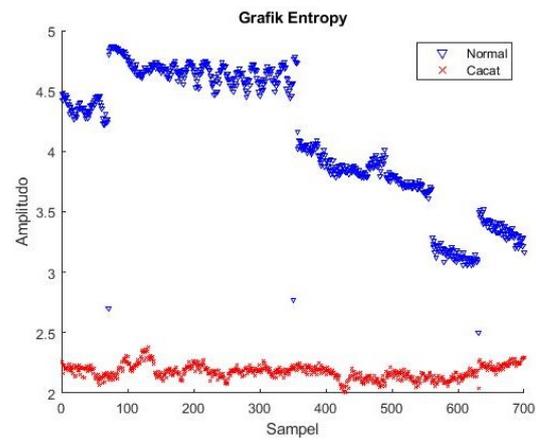
(b)



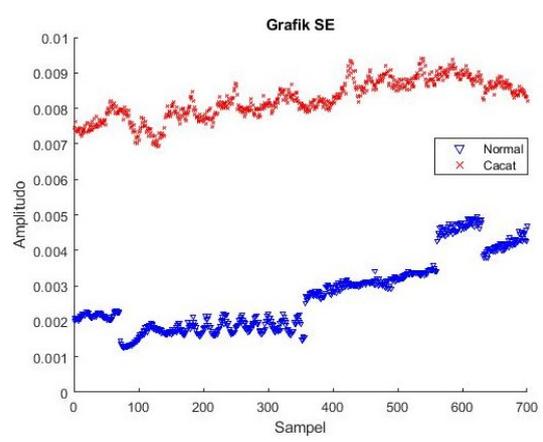
(c)



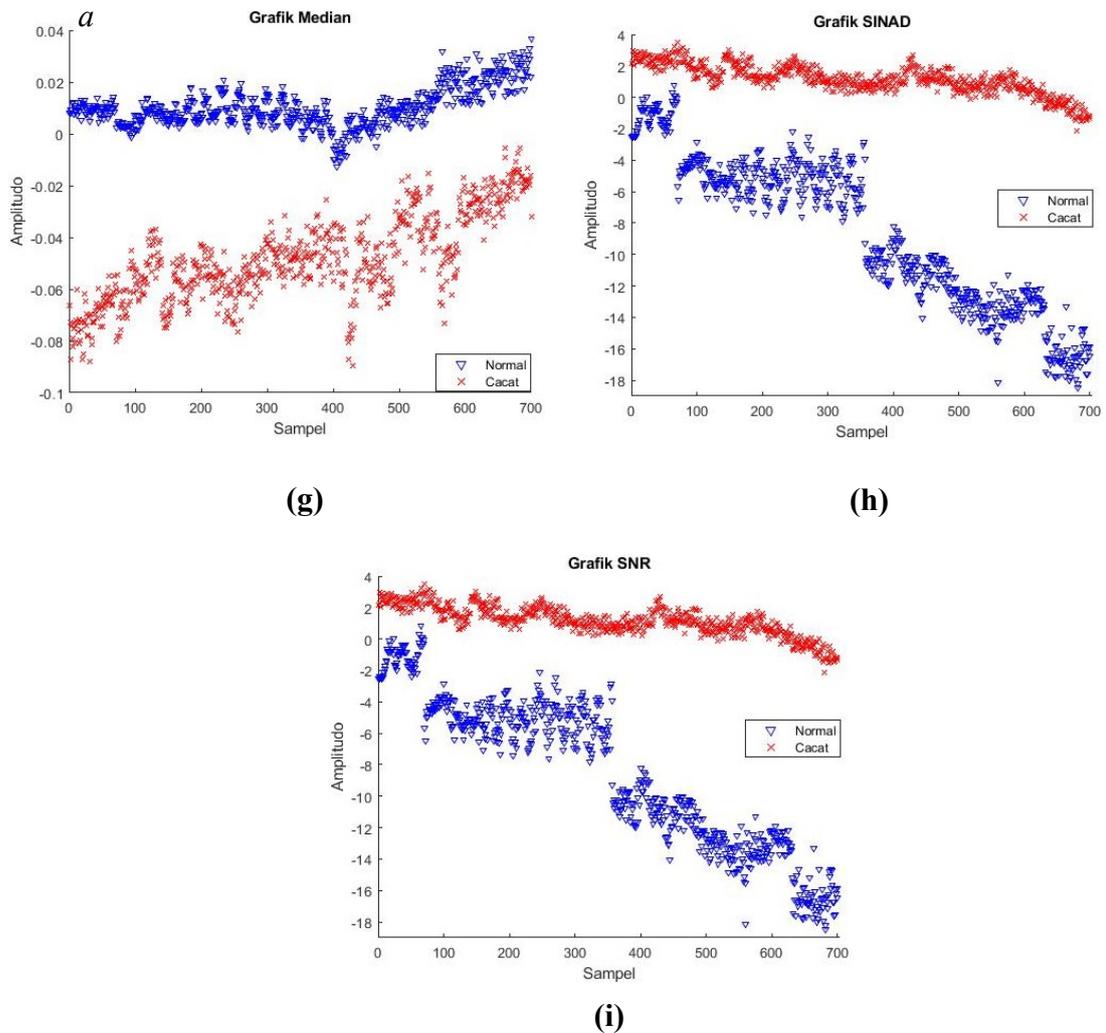
(d)



(e)



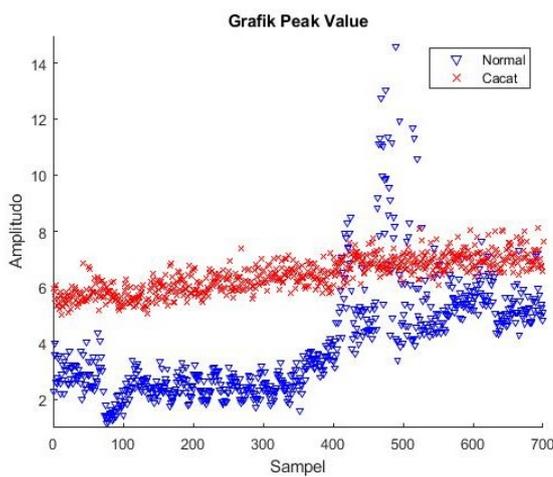
(f)



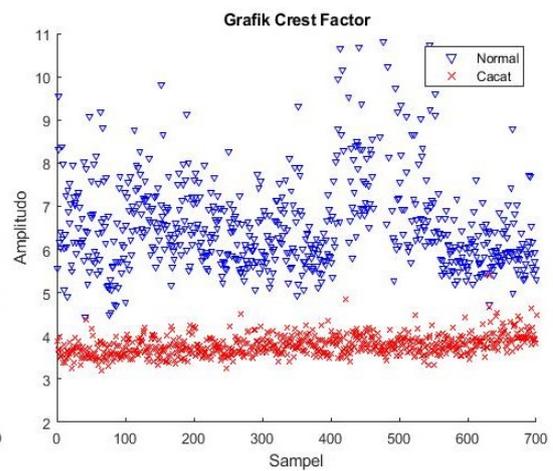
**Gambar 4.2** (a) Standar Deviasi (b) *RMS*. (c) *Kurtosis*. (d) *Variance*. (e) *Entropy*. (f) *Standard Error*. (g) *Median*. (h) *SINAD*. (i) *SNR*.

Gambar 4.2 menunjukkan keandalan beberapa parameter statistik dalam memisahkan kedua kelompok data/ kelas. Parameter statistik tersebut diantaranya *RMS*, Standar Deviasi, *Kurtosis*, *Variance*, *Entropy*, *Standard Error*, *Median*, *SINAD*, dan *SNR*. Parameter tersebut baik digunakan sebagai input klasifikasi *SVM* karena berdasarkan grafik menunjukkan kedua kelas dapat dipisahkan dengan baik dan tidak terdapat data yang saling bertumpuk. Penelitian untuk mendiagnosa kerusakan pada bantalan bola oleh Fathurrohman dkk, (2019) yang dalam

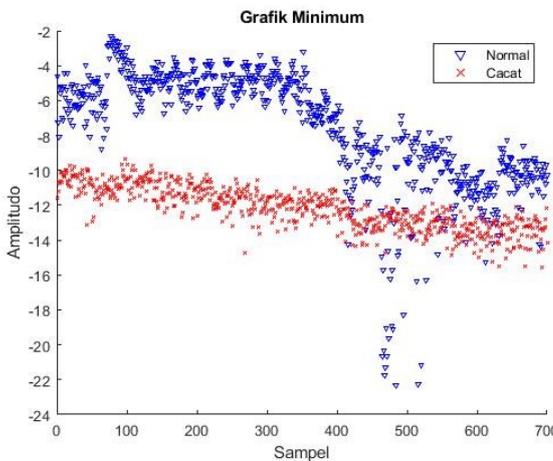
penelitiannya menggunakan 6 parameter statistik, beberapa parameter yang digunakan selaras dengan hasil penelitian ini dimana parameter statistik yang dapat memisahkan kedua kelas dengan baik dari ke-6 parameter tersebut adalah *RMS*, Standar Deviasi, *Variance*, *Kurtosis*, dan *Entropy*. Selain itu didapatkan juga hasil parameter yang dapat digunakan untuk memisahkan kedua kelas tetapi tidak sempurna. Parameter tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3



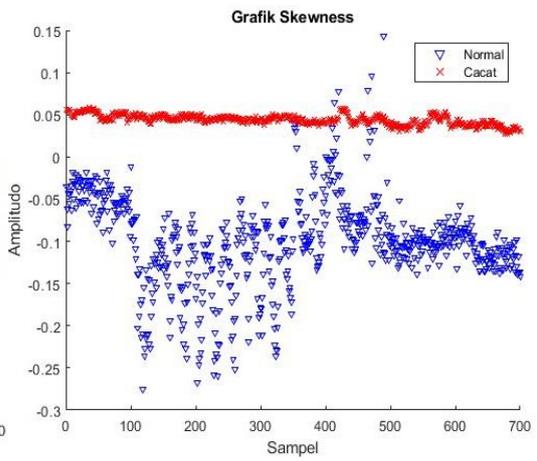
(a)



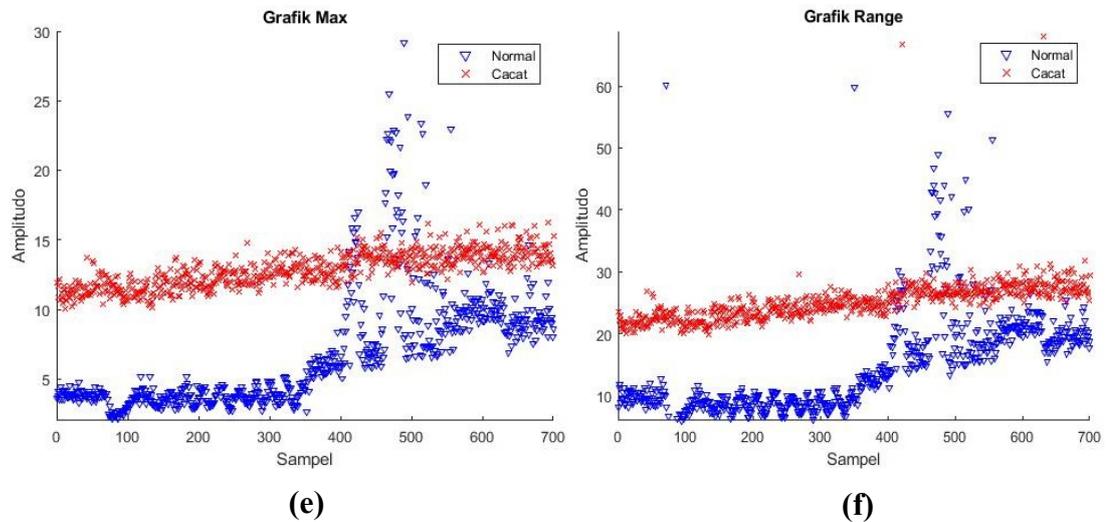
(b)



(c)

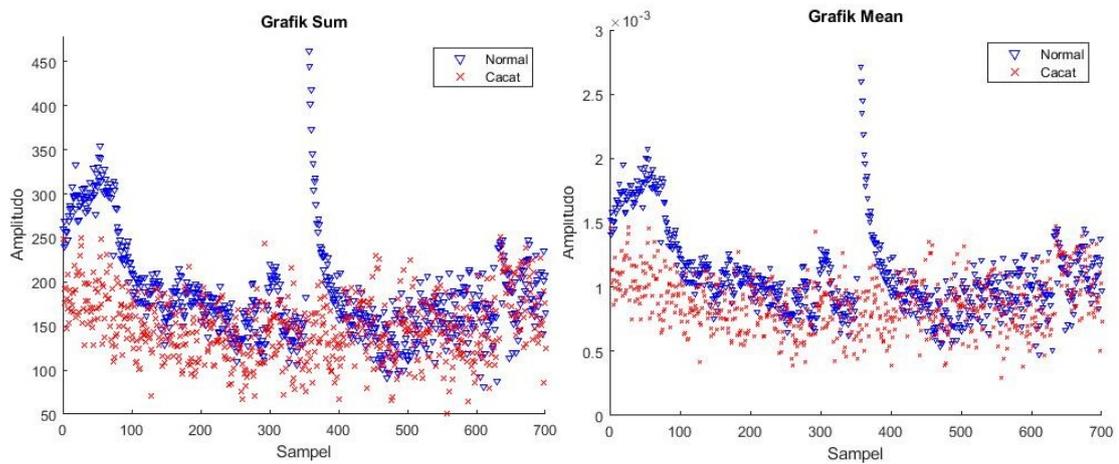


(d)



**Gambar 4.3 (a) Peak Value. (b) Crest Factor. (c) Minimum. (d) Skewness. (e) Maximum. (f) Range**

Gambar 4.3 menunjukkan parameter statistik yang dapat memisahkan kedua kelas tetapi tidak sempurna. Parameter tersebut diantaranya *Peak Value*, *Crest Factor*, *Minimum*, *Skewness*, *Maximum*, *Range*. Gambar 4.3 menggambarkan bahwa parameter tersebut dapat digunakan sebagai input klasifikasi SVM namun tidak sempurna karena grafik menunjukkan kedua kelas dapat dipisahkan dan masih terdapat sebaran data yang bertumpuk. Berdasarkan grafik dapat dilihat hampir semua parameter selain *crest factor*, sebaran data antara data ke-400 sampai 700 terdapat data berbeda kelas yang bertumpuk. Data yang bertumpuk tersebut dapat terjadi karena adanya gangguan dari luar yang terbaca oleh parameter statistik yang digunakan sehingga membuat kedua data yang diekstaksi kedalam parameter statistik tidak dapat dibedakan. Adapun parameter yang diujikan menunjukkan parameter tersebut tidak dapat digunakan sebagai input klasifikasi SVM. Parameter yang tidak dapat digunakan sebagai input klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4 (a) SUM. (b) Mean**

Gambar 4.4 menunjukkan parameter statistik yang tidak dapat digunakan sebagai input klasifikasi SVM. Parameter tersebut adalah SUM dan Mean karena kedua parameter tersebut menunjukkan sebaran data kedua kelas yang saling bertumpuk. Hal tersebut dapat terjadi karena data yang diekstraksi kedalam kedua parameter tersebut menunjukkan nilai yang hampir sama sehingga membuat kedua kelas tidak dapat dibedakan.

Parameter Statistik yang berjumlah 17 dapat mewakili nilai dari sekumpulan data dengan 17 sudut pandang berbeda. Setiap parameter statistik dapat digunakan sebagai input dari proses identifikasi, akan tetapi terdapat beberapa parameter statistik yang tidak dapat mengelompokkan sekumpulan data sejenis dengan baik. Untuk itu dipilihlah beberapa parameter statistik yang dapat memisahkan sekumpulan data yang memiliki dua kondisi yang berbeda.

Keseluruhan hasil dari pengujian parameter statistik untuk mengklasifikasi data bantalan normal dengan data cacat pada lintasan luar dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1** Hasil Analisa Parameter Statistik

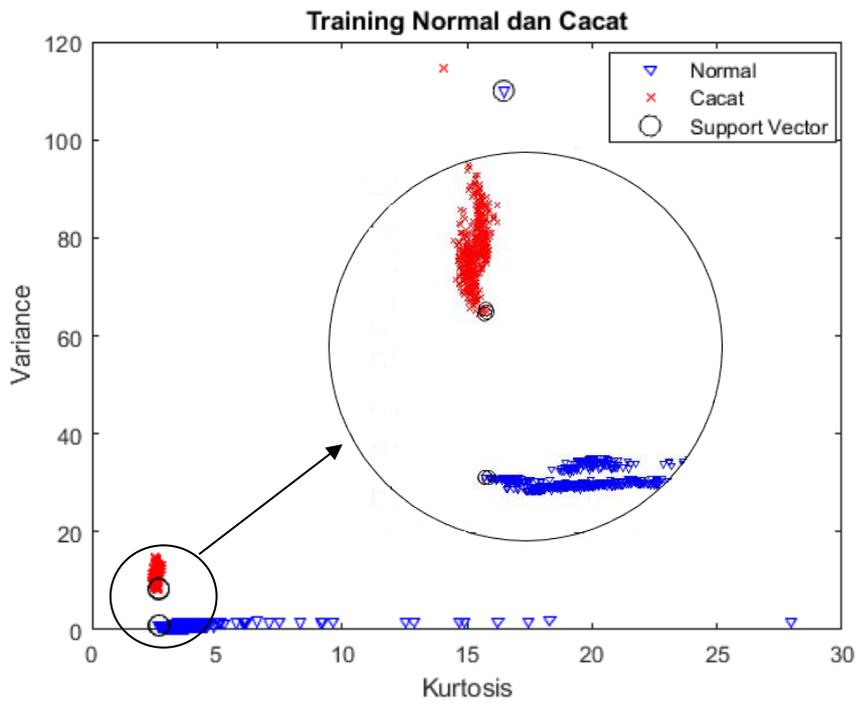
<b>Nama Parameter Statistik</b>	<b>Hasil Analisa Parameter</b>
<i>RMS, Standar Deviasi, Kurtosis, Variance, Entropy, Standard Error, Median, SINAD, SNR</i>	Dapat memisahkan data getaran bantalan normal dengan bantalan cacat lintasan luar dengan baik
<i>Peak Value, Crest Factor, Minimum, Skewness, Maximum, Range</i>	Dapat digunakan untuk memisahkan data bantalan normal dan bantalan cacat tetapi belum sempurna karena masih terdapat data yang jauh dari kelompok sebaran data sejenisnya.
<i>Mean, SUM</i>	Tidak dapat digunakan untuk memisahkan data getaran bantalan normal dengan bantalan cacat lintasan luar karena data yang ditampilkan tercampur.

## 1.6 Klasifikasi SVM

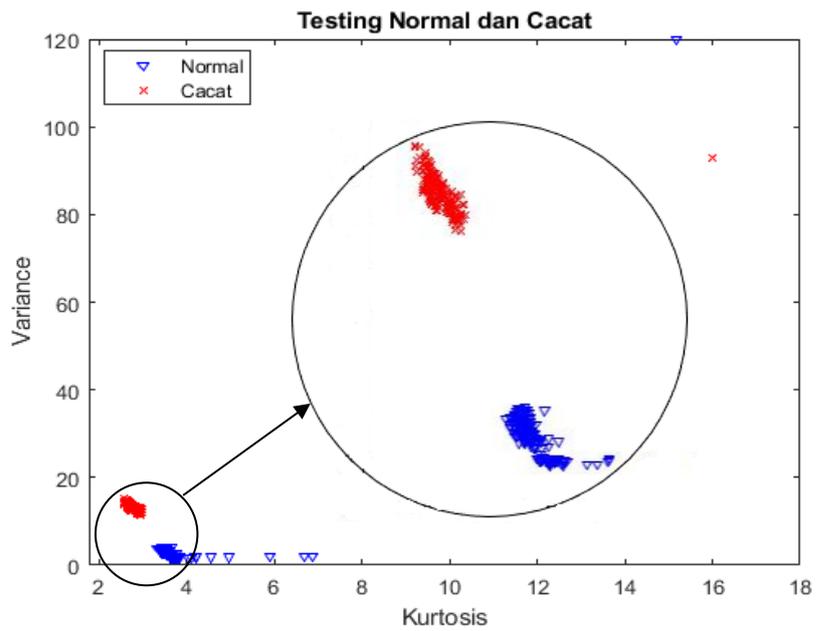
Klasifikasi *SVM* dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB r2018a *Toolbox SVM*. Data yang digunakan untuk proses klasifikasi adalah dua kondisi bantalan berbeda, yaitu bantalan normal dan bantalan cacat pada lintasan luarnya. Hasil klasifikasi tersebut dijabarkan sebagai berikut.

### 1.6.1 Hasil Klasifikasi Parameter *Kurtosis* dengan *Variance*

Hasil klasifikasi data yang menggunakan parameter *Kurtosis* dengan *Variance* ditunjukkan pada Gambar 4.10. Model *training* dapat dilihat pada Gambar 4.5 (a) dan hasil *testing* ditunjukkan pada Gambar 4.5 (b). Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat persamaan pola sebaran data. Hal tersebut dikarenakan proses *testing* tidak membangun model baru tetapi menempati model yang sudah dibuat dalam proses *training*.



(a)



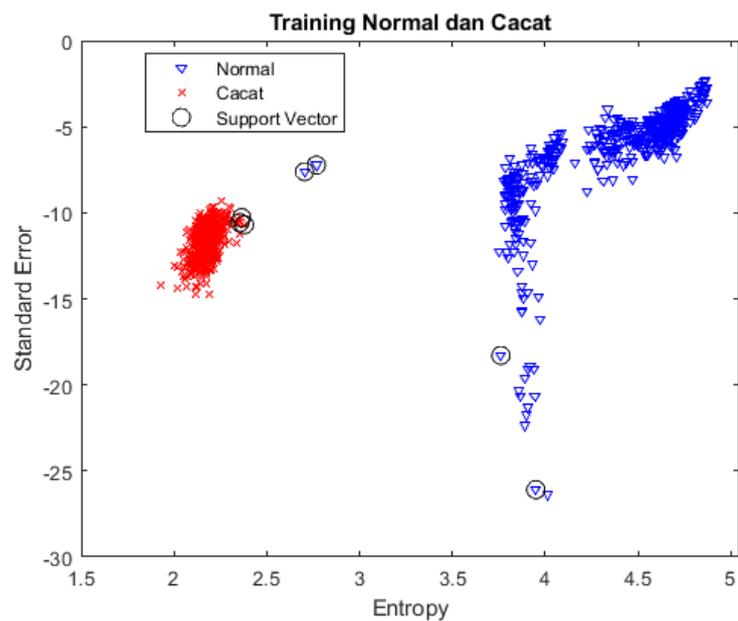
(b)

**Gambar 4.5 (a) Training Parameter Kurtosis dan Variance, (b) Testing Parameter Kurtosis dan Variance**

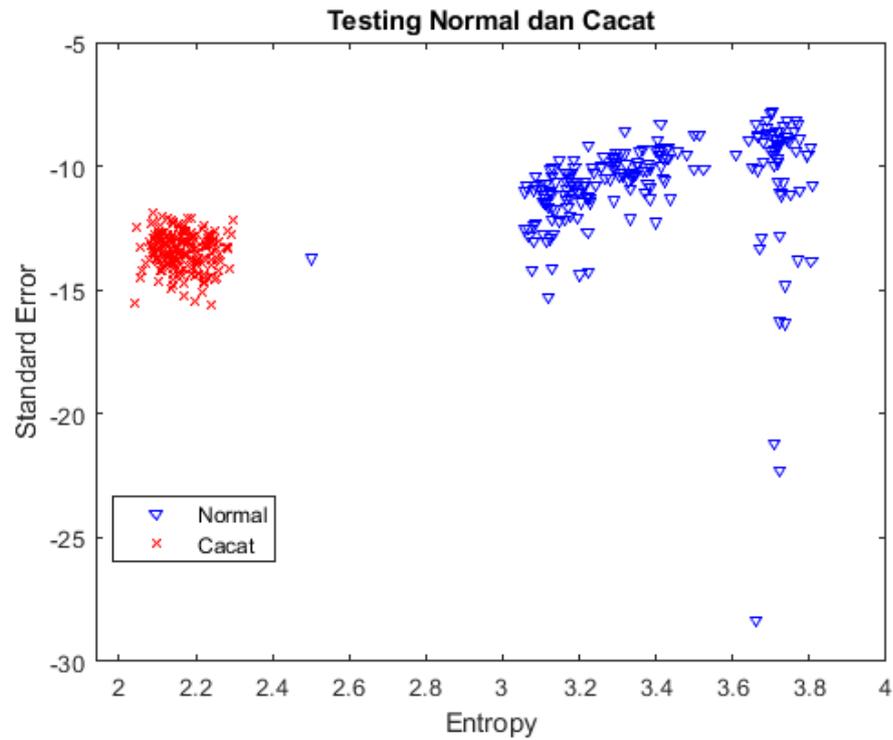
Gambar 4.5 menunjukkan kombinasi parameter statistik *Kurtosis* dengan *Variance* handal dalam proses klasifikasi SVM. Kombinasi parameter tersebut dipilih berdasarkan pengamatan visual dari ekstraksi parameter dimana parameter tersebut dapat memisahkan kedua kelas dengan baik. Kombinasi parameter ini baik digunakan karena menggambarkan nilai kelancipan dan kedataran relatif sebuah distribusi dibanding distribusi normal sinyal dan seberapa jauh kumpulan data tersebar. Nilai tersebut dipengaruhi oleh cacat bantalan pada lintasan luar yang membuat terjadinya peningkatan nilai kelancipan dan tingkat kejauhan data tersebar.

#### 1.6.2 Hasil Klasifikasi Parameter *Entropy* dengan *Standard Error (SE)*

Hasil klasifikasi parameter *Entropy* dengan *Standard Error (SE)* dapat dilihat pada Gambar 4.6. Model *training* dapat dilihat pada Gambar 4.6 (a) dan data untuk *testing* ditunjukkan pada Gambar 4.6 (b).



(a)



(b)

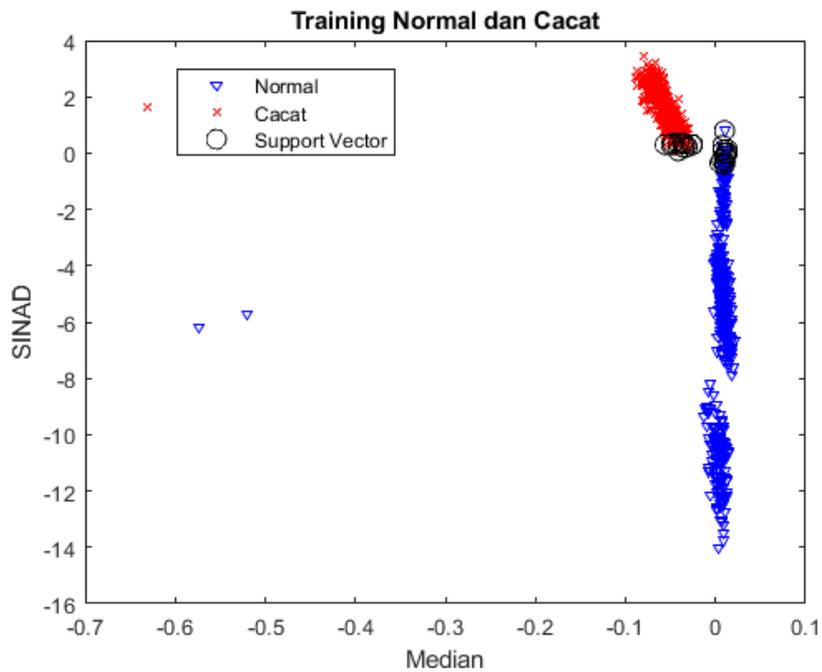
**Gambar 4.6 (a)** *Training Parameter Entropy dan Standard Error, (b) Testing Parameter Entropy dan Standard Error*

Gambar 4.6 menunjukkan kesamaan pola pada data training dan data testing. Kesamaan tersebut menggambarkan bahwa kombinasi parameter dari *Entropy* dengan *Standard Error* dapat digunakan sebagai input pada proses klasifikasi SVM. Kombinasi tersebut dapat memisahkan dapat memisahkan kedua kelas dengan baik karena berdasarkan ekstraksi parameter sudah menunjukkan keandalan dalam memisahkan kedua kelas. Kombinasi parameter ini menyatakan nilai keadaan mikroskopis suatu sistem dan tingkat energi dari rata-rata pada kelompok data.

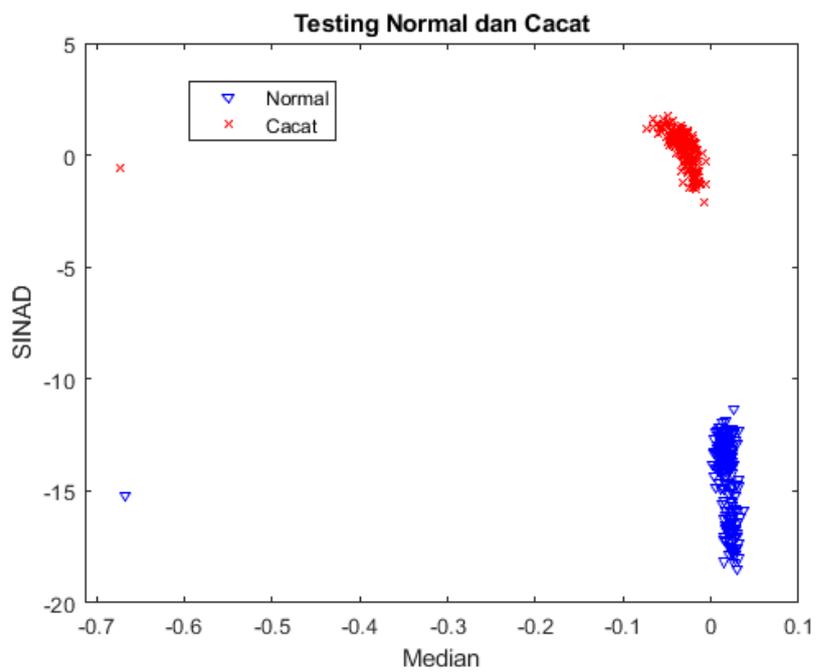
### 1.6.3 Hasil Klasifikasi Parameter *Median* Dengan *SINAD*

Hasil klasifikasi parameter *Median* dengan *SINAD* ditunjukkan pada Gambar 4.7. Grafik yang mempresentasikan sebaran data training ditunjukkan pada Gambar 4.7 (a) dan sebaran data testing ditunjukkan pada Gambar 4.7 (b) dimana

data tersebut merupakan data gabungan dari data getaran bantalan normal dan bantalan cacat pada lintasan luar.



(a)



(b)

**Gambar 4.7** (a) *Training* Parameter *Median* dan *SINAD*, (b) *Testing* Parameter *Median* dan *SINAD*

Gambar 4.7 menggambarkan bahwa parameter tersebut baik digunakan untuk proses klasifikasi bantalan normal dan bantalan cacat pada lintasan luar. Kombinasi parameter ini menunjukkan nilai tengah dari suatu kelompok data dan ukuran kualitas dari kelompok data tersebut. Kedua kelas dapat dipisahkan dengan baik karena berdasarkan kualitas dan nilai tengah kelompok data tersebut menunjukkan hasil yang berbeda, karena pengaruh dari gesekan atau getaran berlebih dari data bantalan cacat lintasan luar.

#### 1.6.4 Hasil Penerapan Fungsi Kernel pada SVM

Hasil klasifikasi *SVM* biasanya dapat diperoleh dengan pengamatan dari hasil grafik hasil klasifikasi. Tetapi dengan pengamatan tersebut tidak dapat mempresentasikan seberapa baik klasifikasi *SVM* yang telah dilakukan. Untuk itu dilakukan proses testing yang digunakan sebagai indikator kesuksesan dari proses klasifikasi tersebut.

Pada proses *testing*, dilakukan pemberian nilai estimasi untuk kapabilitas generalisasi dari model dengan perhitungan tingkat akurasi. Tingkat akurasi tersebut didapat berdasarkan bagaimana set data *testing* dapat menempati posisi sesuai dengan kondisi yang telah dimodelkan oleh data *training*. Tingkat akurasi diperoleh dengan pendekatan fungsi kernel supaya mampu bekerja pada dataset yang berdimensi tinggi. Fungsi kernel yang digunakan pada penelitian ini adalah *Linear*, *RBF*, dan *Polynomial*. Klasifikasi dengan kombinasi parameter yang diujikan dengan ketiga parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Tingkat akurasi dari kombinasi parameter dengan fungsi kernel

<b>Kombinasi Parameter Statistik</b>	<b>Akurasi Kernel <i>Linear</i></b>	<b>Akurasi Kernel <i>RBF</i></b>	<b>Akurasi Kernel <i>Polynomial</i></b>
<i>Kurtosis</i> dengan <i>Variance</i>	99,75 %	100 %	99,75 %
<i>Entropy</i> dengan <i>Standard Error</i>	99,75 %	99,75 %	100 %
<i>Median</i> dengan <i>SINAD</i>	100 %	100 %	100 %

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan kombinasi parameter *Kurtosis* dengan *Variance* didapatkan akurasi terbaik setinggi 100% dengan menggunakan kernel *RBF*. Kombinasi parameter *Entropy* dan *Standard Error* didapat akurasi terbaik setinggi 100% yang menggunakan kernel *polynomial*. Kombinasi parameter statistik *Median* dengan *SINAD* ketiga kernel menunjukkan akurasi yang sama pada ketiga kernel yaitu setinggi 100%. Kesimpulan dari analisis dengan menggunakan kombinasi parameter statistik dengan ketiga kernel adalah; Kombinasi parameter terbaik untuk mengidentifikasi cacat lintasan luar pada bantalan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan adalah kombinasi dari parameter statistik *Median* dengan *SINAD*.

