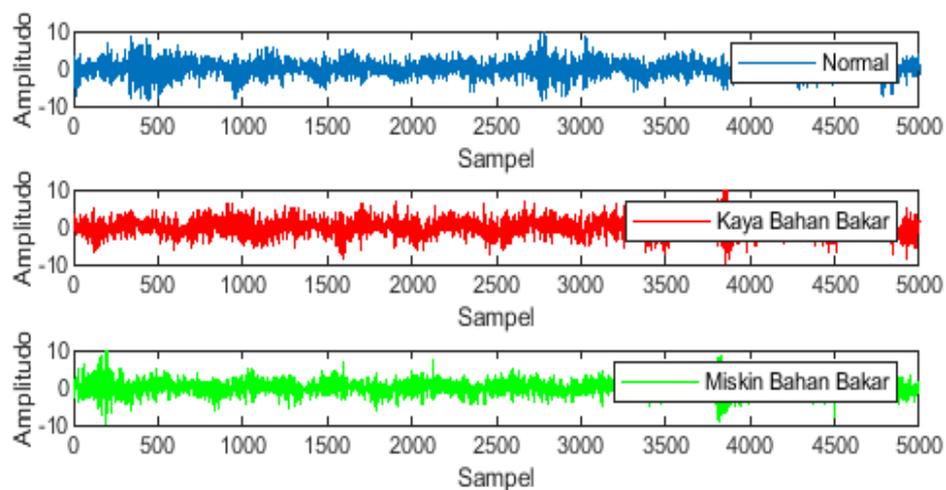


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Akuisisi Data

Akuisisi data sinyal getaran pada penelitian ini dilakukan dengan tiga variasi kondisi, yaitu kondisi campuran bahan bakar normal, kaya dan miskin bahan bakar. Hasil akuisisi data pada setiap variasi kondisi menghasilkan 500 file data. Sinyal getaran dari hasil pengukuran getaran pada mesin vespa diperoleh dalam domain waktu. Gambar 4.1 merupakan tipikal domain waktu dari *plotting* data getaran pada kecepatan operasi 2200 rpm dengan variasi campuran normal, kaya dan miskin bahan bakar.



Gambar 4. 1 Hasil Plot Data Dalam Domain Waktu

Perbandingan nilai amplitudo dari sinyal getaran pada setiap kondisi ditampilkan pada Gambar 4.1. Dapat terlihat bahwa hasil plot sinyal getaran pada setiap kondisi berbeda. Kondisi campuran bahan bakar normal memiliki *range* amplitudo yang lebih besar, diikuti oleh kondisi kaya bahan bakar, dan kondisi campuran miskin bahan bakar terlihat memiliki *range* amplitudo yang paling kecil. Sehingga perlu dilakukan analisa lebih lanjut, yaitu dengan menggunakan parameter statistik.

4.2 Analisis Parameter Statistik

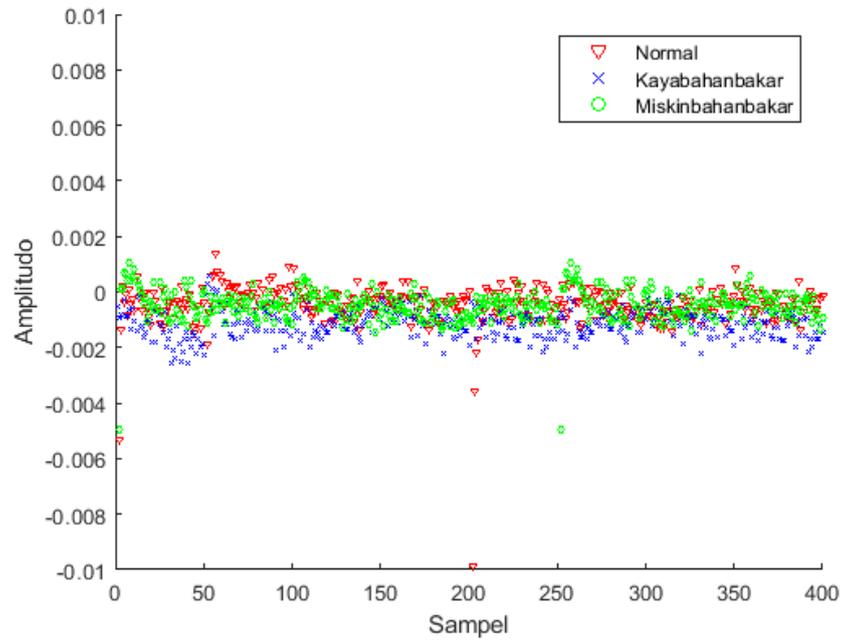
Tabel 4.1 Parameter statistik yang digunakan dalam pengolahan data

No	Domain Waktu	Perintah Matlab
1.	<i>Mean</i>	mean(x)
2.	<i>Root Mean Square (RMS)</i>	rms(x)
3.	<i>Peak Value</i>	((max(abs(x))-min(abs(x)))/2)
4.	<i>Kurtosis</i>	kurtosis(x)
5.	<i>Crest Factor</i>	peak2rms(x)
6.	<i>Varians</i>	var(x)
7.	<i>Standard Deviation</i>	std(x)

Tabel 4.1 menunjukkan beberapa parameter statistik yang banyak digunakan dan cocok untuk metode *Principal Component Analysis* (PCA). Penggunaan parameter statistik tersebut didapat dari rujukan penelitian yang telah dilakukan. Data getaran yang telah disimpan pada komputer diolah menjadi parameter statistik domain waktu menggunakan program aplikasi MATLAB R2016a.

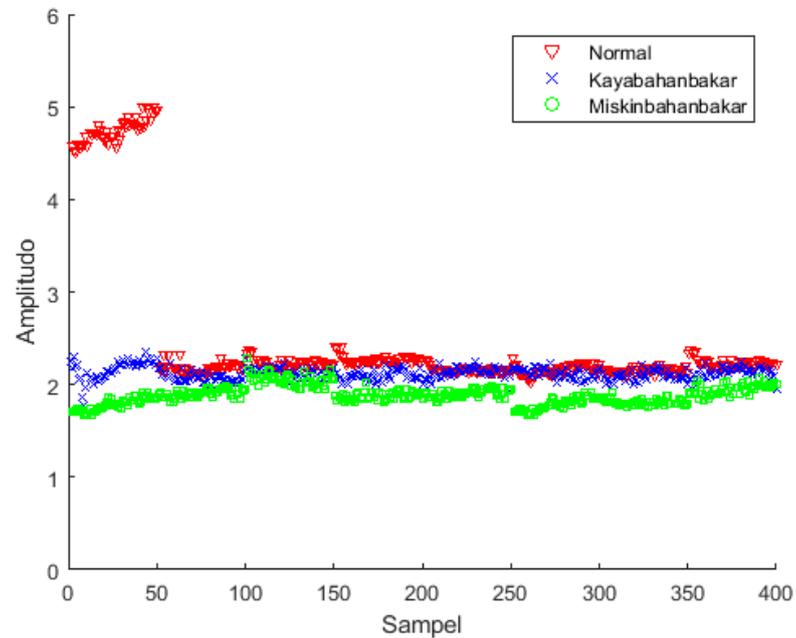
4.4.1 Hasil Ekstraksi Parameter Statistik Domain Waktu

Untuk memahami naiknya level getaran yang dipengaruhi oleh variasi kondisi setiap campuran bahan bakar. Tujuh parameter statistik yang diterapkan yaitu (*mean, root mean square, peak value, kurtosis, crest factor, varians, dan standard deviation*) dianalisa dan dibandingkan pada setiap kondisinya, yaitu campuran kaya bahan bakar, miskin bahan bakar dan campuran normal. Akan tetapi dari tujuh parameter statistik yang diterapkan tidak semuanya dapat memberikan informasi dengan jelas pada masing-masing kondisi campuran bahan bakar. Berikut pembahasan dari setiap parameter statistik yang diterapkan:

a. *Mean*Gambar 4.2 Plot hasil ekstraksi parameter statistik *Mean*

Parameter statistik mean tidak efektif untuk membedakan antara kondisi normal, kaya bahan bakar, dan miskin bakar. Hal ini jelas terlihat pada Gambar 4.2, yang menunjukkan bahwa sebagian besar data hasil ekstraksi ekstraksi saling bertumpuk pada nilai amplitudo antara (-0.002 - 0.001). Plot data kondisi miskin bahan bakar dan kondisi normal terlihat rapat dan menumpuk, namun untuk plot data kondisi kaya bahan bakar sedikit terpisah.

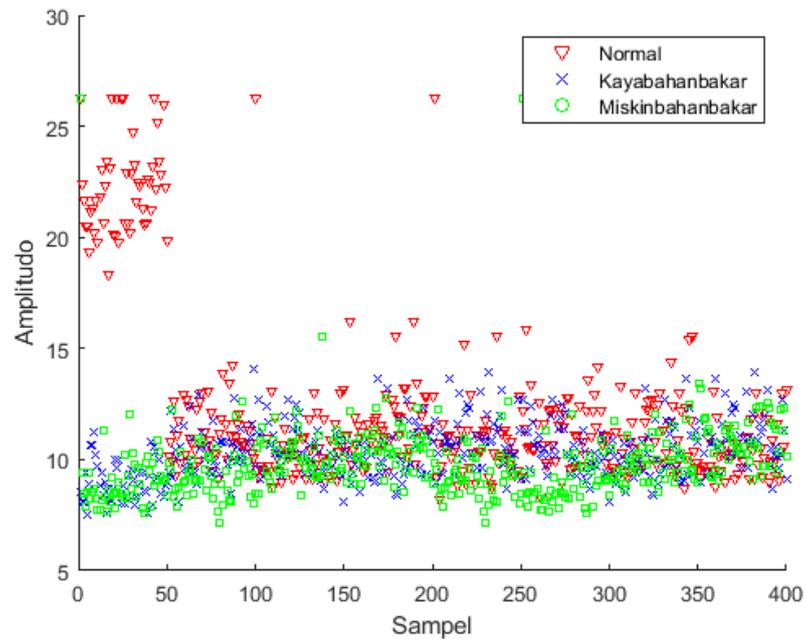
b. *Root Mean Square (RMS)*



Gambar 4.3 Plot hasil ekstraksi parameter statistik RMS

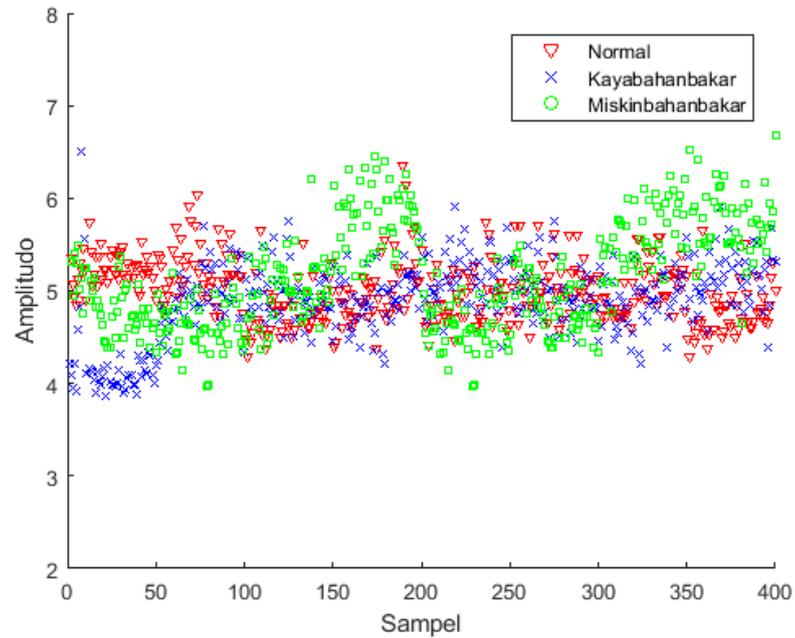
Gambar 4.3 adalah hasil plot dari parameter RMS, terlihat pada setiap kondisi pengujian masih terlihat bertumpuk. Namun varian data sudah terlihat berkelompok sesuai kondisinya masing-masing. Plot data dengan kondisi miskin bahan bakar memiliki nilai amplitudo yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi normal dan kaya bahan bakar. Kondisi campuran normal memiliki nilai amplitudo yang lebih besar. Walaupun begitu bisa disimpulkan bahwa parameter RMS masih kurang akurat dalam mengkalsifikasikan antara kondisi normal dan rusak.

c. *Peak Value*

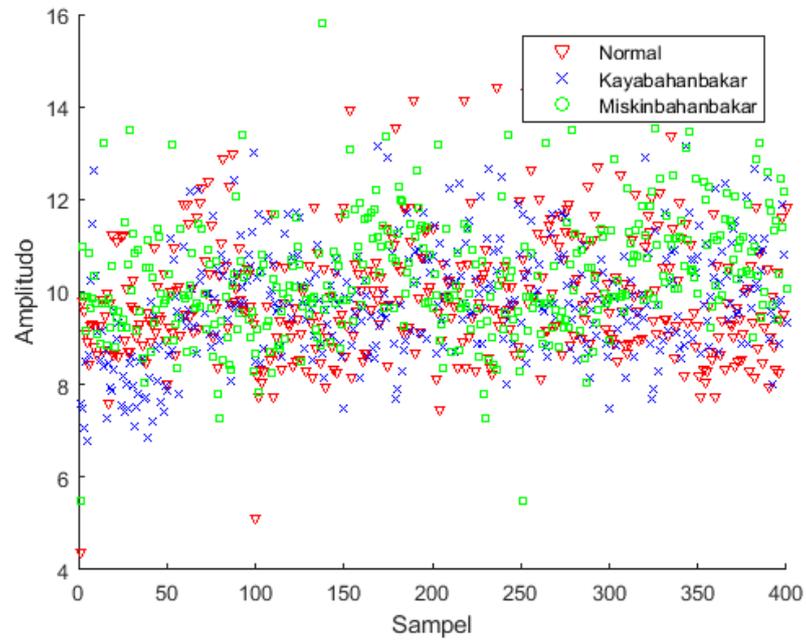


Gambar 4.4 Plot hasil ekstraksi parameter statistik *peak value*

Distribusi penyebaran varian data dari parameter *peak value* terlihat menyebar dan kurang beraturan. Parameter statistik ini kurang efektif untuk mengklasifikasikan kondisi normal dan rusak karena nilai amplitudo yang kurang seragam. Ketidakseragaman nilai puncak ini mengidentifikasi bahwa amplitudo yang dihasilkan pada domain waktu dari setiap pengujian kondisi campuran bahan bakar memiliki nilai puncak yang berbeda-beda sehingga deteksi kerusakan sulit dilakukan dengan parameter *peak value*.

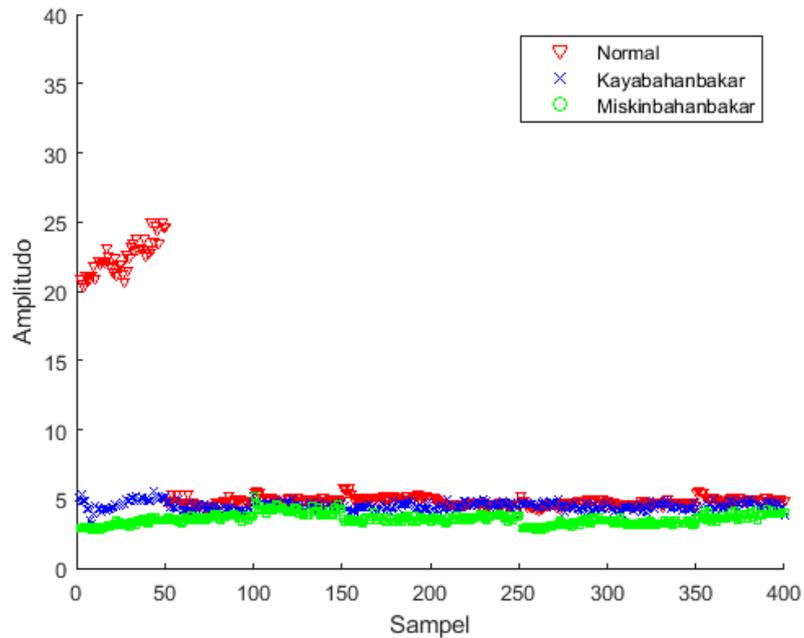
d. *Kurtosis*Gambar 4.5 Plot hasil ekstraksi parameter statistik *kurtosis*

Analisa pada perbandingan setiap kondisi campuran dengan *kurtosis* pada Gambar 4.5 menyatakan bahwa setiap variasi kondisi terlihat menyebar dan menumpuk. Plot data setiap kondisi sangat menyebar dan menumpuk. Nilai *kurtosis* mengalami kenaikan dan penurunan secara signifikan dari semua kondisi. Oleh karena itu, parameter ini tidak dapat membedakan kondisi setiap variasi campuran bahan bakar.

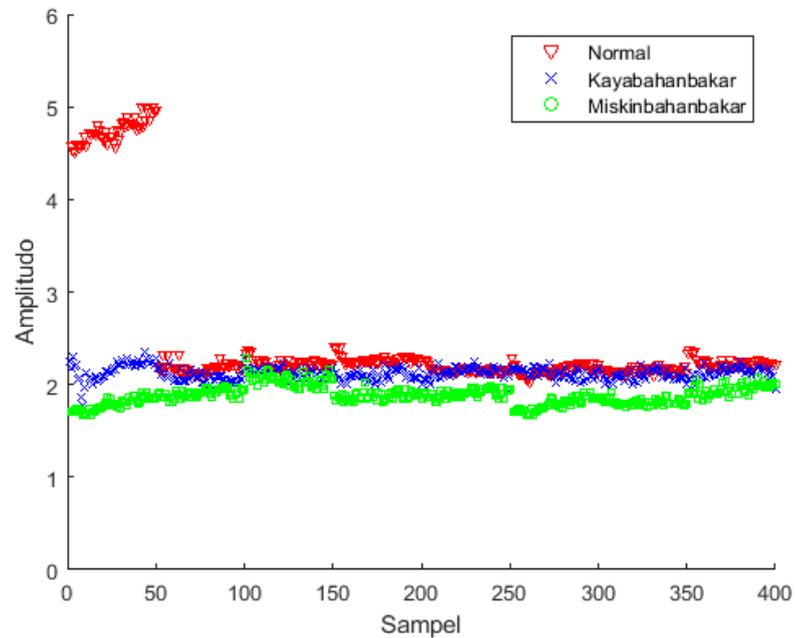
e. *Crest Factor*

Gambar 4.6 Plot hasil ekstraksi parameter statistik *crest factor*

Dari kalkulasi parameter statistik *crest factor*, hasil menunjukkan bahwa nilai amplitudo mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak seragam, bahkan naik dan turun secara signifikan sehingga distribusi data menjadi acak, selain itu plot data dari setiap kondisi juga terlihat menumpuk. Bisa disimpulkan parameter ini tidak efektif, karena sama sekali tidak bisa membedakan kondisi normal dan kondisi rusak yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.

f. *Variance*Gambar 4.7 Plot hasil ekstraksi parameter statistik *variance*

Hasil ekstraksi parameter *variance* memiliki karakteristik yang identik dengan RMS, terlihat pada setiap kondisi pengujian masih terlihat bertumpuk. Namun varian data sudah terlihat berkelompok sesuai kondisinya masing-masing. Plot data dengan kondisi miskin bahan bakar memiliki nilai amplitudo yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi normal dan kaya bahan bakar. Kondisi campuran normal memiliki nilai amplitudo yang lebih besar. Walaupun demikian, plot hasil ekstraksi parameter statistik *variance* masih kurang akurat dalam mengkalsifikasikan kondisi setiap campuran bahan bakar.

g. *Standard Deviation*

Gambar 4.8 Plot hasil ekstraksi parameter statistik *standard deviation*

Parameter statistik *standard deviation* juga memiliki karakteristik yang sama dengan RMS dan *variance*, hasil plot grafik yang dihasilkan terlihat mirip yang bisa dilihat pada Gambar 4.8.

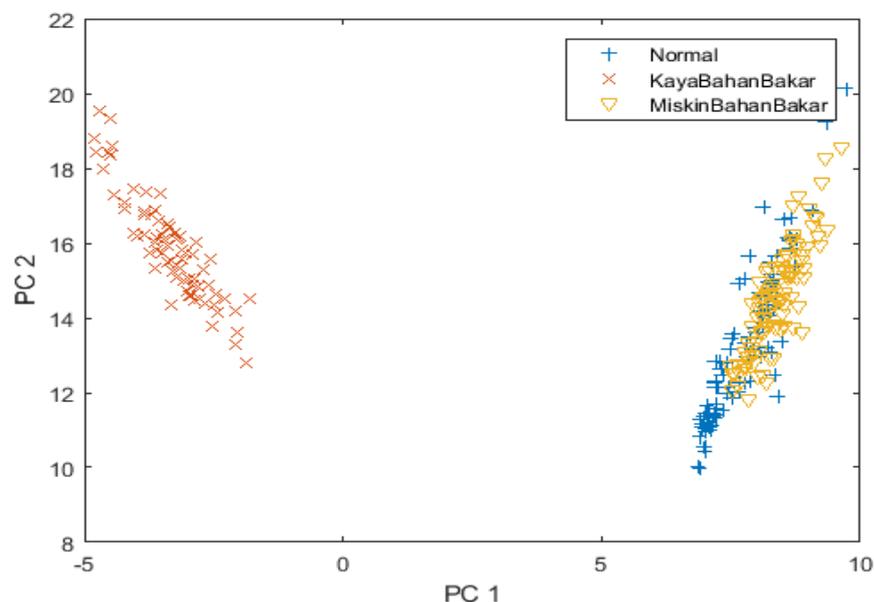
Dari hasil plot grafik tujuh parameter statistik domain waktu yang diusulkan yaitu *mean*, RMS, *peak value*, *kurtosis*, *crest factor*, *variance*, dan *standard deviation* dapat diketahui bahwa tidak semua parameter statistik secara efektif dapat membedakan antara kondisi normal bahan bakar, kaya bahan bakar dan miskin bahan bakar.

4.3 Analisis *Principal Component Analysis*

4.4.2 Analisis *Principal Component Analysis* Berbasis Domain Waktu

Pada analisis menggunakan metode PCA ini yang pertama kali dilakukan adalah menentukan pembagian antara data *training* dan data *testing* dari total 500, dengan pembagian 400 data *training* dan 100 data *testing* pada setiap variasi kondisi pengujian. Dengan input data hasil ekstraksi dai 7 parameter statistik domain waktu yang telah diusulkan.

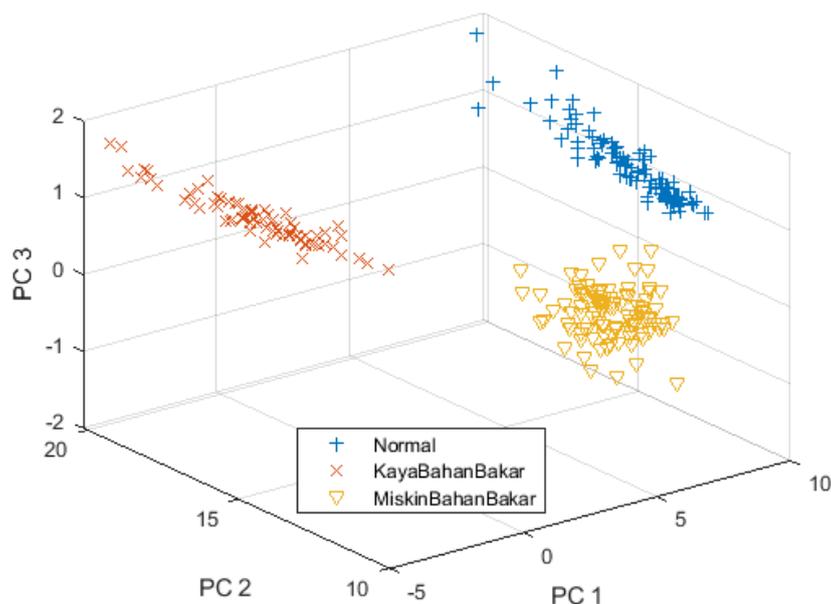
Kemudian data *training* pada setiap kondisi dinormalisasi melalui proses PCA dan menghasilkan data *loading* matriks. Setelah itu, data *loading* matriks tersebut dikalikan dengan data *testing* pada setiap kondisi sehingga menghasilkan *score*, yang akan digunakan untuk mengklasifikasikan antara kondisi normal, kaya dan miskin bahan bakar.



Gambar 4.9 Plot grafik PCA 100 data *testing* dengan PC1 dan PC2

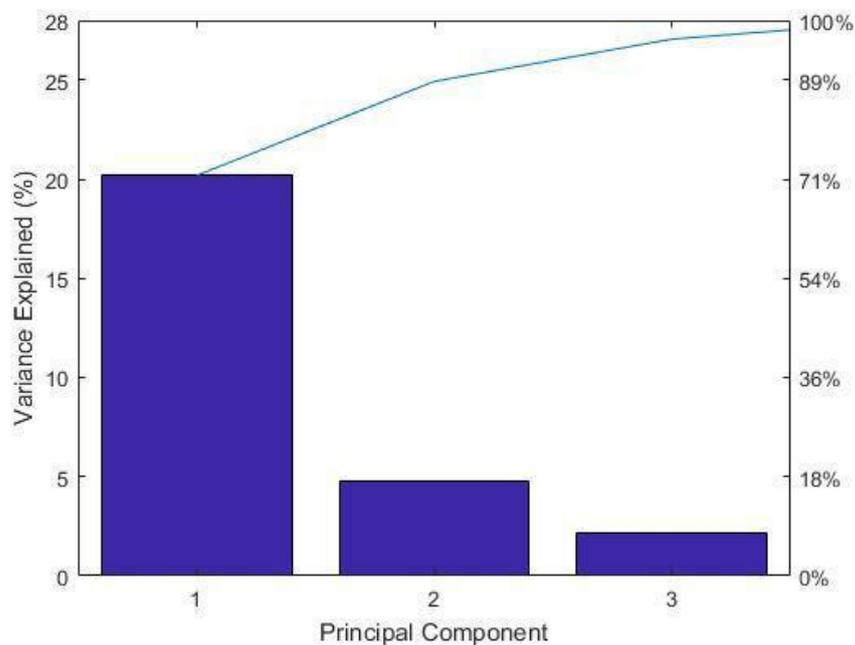
Hasil plot grafik dengan menggunakan 2 PC yang ditunjukkan pada gambar 4.9, memperlihatkan bahwa data sudah terlihat memisah dan berkelompok sesuai dengan kondisinya dibandingkan dengan sebelum menggunakan proses PCA. Hal ini membuktikan bahwa

metode PCA yang memanfaatkan ekstraksi parameter statistik dari domain waktu dapat dengan baik membedakan setiap variasi kondisi.



Gambar 4.10 Plot grafik PCA dengan PC 1, PC 2, dan PC 3

Agar informasi yang di didapatkan pada proses *PCA* semakin akurat, maka dilakukan penambahan satu PC lagi, yaitu PC ke 3. Gambar 4.10 menunjukkan adanya perbedaan dari gambar 4.9, terlihat data pada masing masing kondisi sudah berkelompok dan tidak ada data yang bertumbuk. Hasilnya terlihat jelas bahwa *PCA* berhasil mengklasifikasi antara kondisi normal, kaya bahan bakar, dan miskin bahan bakar dengan baik. Dapat disimpulkan bahwa dengan menggabungkan input dari hasil ekstraksi parameter statistik dapat membedakan setiap variasi kondisi pengujian.



Grafik 4.11 Grafik Pareto Parameter Statistik Domain Waktu dari 3PC

Untuk mengetahui efisiensi metode PCA, selanjutnya akan ditampilkan dalam bagan grafik pareto pada gambar 4.11. Terlihat PC1 menghasilkan persentase paling dominan dengan 72,06%, PC2 sebesar 16,65% dan PC3 sebesar 7,55%. Dengan jumlah total 96,26% dari 3 PC.

Agar informasi yang di dapatkan pada proses PCA semakin akurat, maka dilakukan penambahan satu PC lagi, yaitu PC ke 3 yang memiliki nilai sebesar 7,55% variansi data sehingga informasi pada data menjadi 96,26%. Gambar 4.10 menunjukkan adanya perbedaan dari gambar 4.9, walaupun data pada gambar 4.9 masih berkumpul tapi setelah ditambahkan PC 3 masing masing kondisi sudah tidak ada data yang bertumpuk seperti pada gambar 4.10. Hasilnya terlihat jelas bahwa PCA berhasil mengklasifikasi antara kondisi normal, kaya bahan bakar, dan miskin bahan bakar.