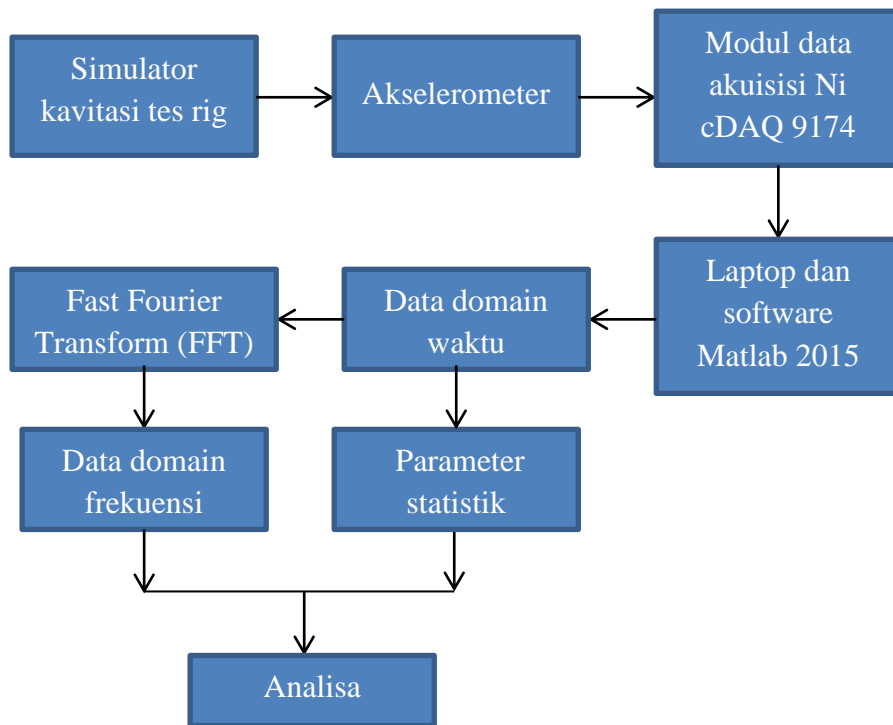


BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa

Analisa dilakukan setelah mendapatkan data dari perekaman simulator kavitasi pompa sentrifugal. Data yang didapat merupakan domain waktu yang kemudian ditransformasikan kedalam bentuk domain frekuensi. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa pada kedua domain tersebut yaitu domain waktu dan domain frekuensi. Domain waktu akan dianalisa menggunakan parameter statistik untuk mempermudah analisa. Parameter statistik yang digunakan antara lain mean, varians, RMS, kurtosis, skewness dan standar deviasi. Skema dari pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 4.1.

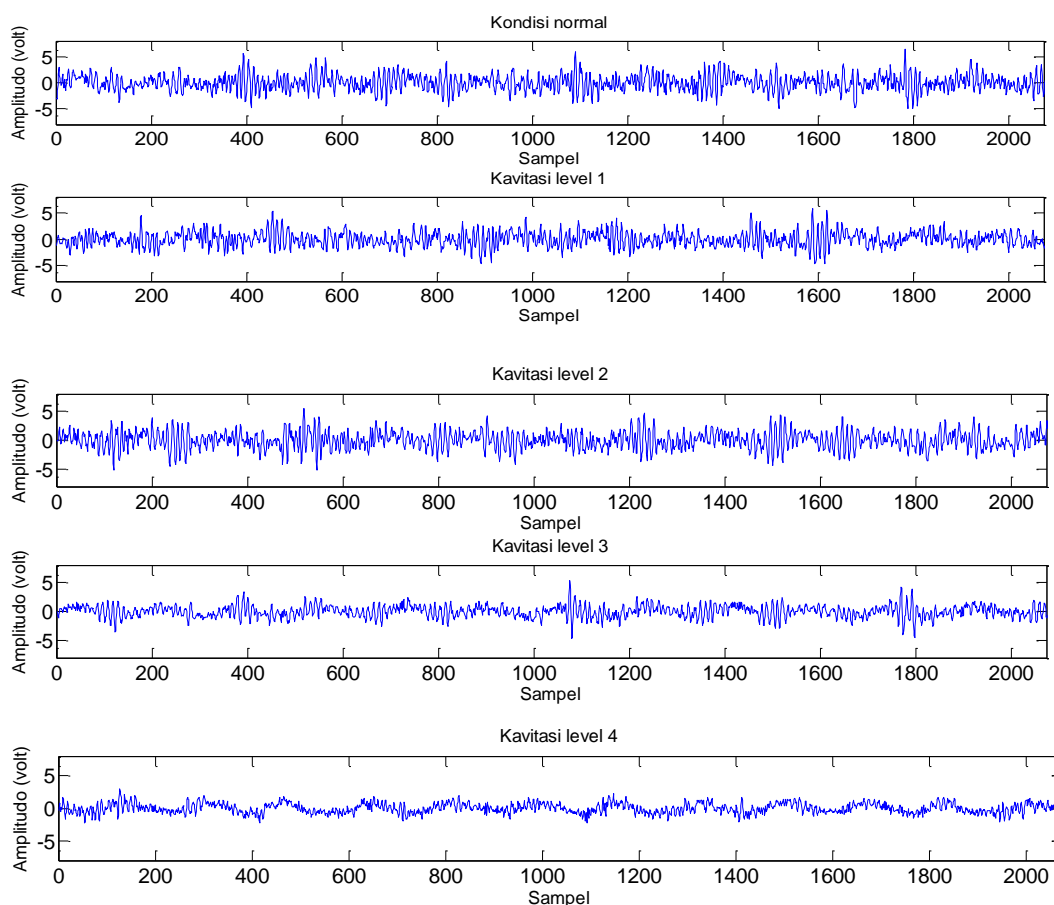


Gambar 4.1 Diagram skema akuisisi data

4.2 Analisa domain waktu

Data yang diperoleh pada simulator kavitasi berbentuk domain waktu yang selanjutnya akan dianalisa dengan menggunakan parameter statistik. Plot hasil

dari domain waktu dapat dilihat pada Gambar 4.2. Plot hasil domain waktu tersebut merupakan plot hasil domain waktu dari 3 kali putaran poros dengan sampling rate sebesar 17066.

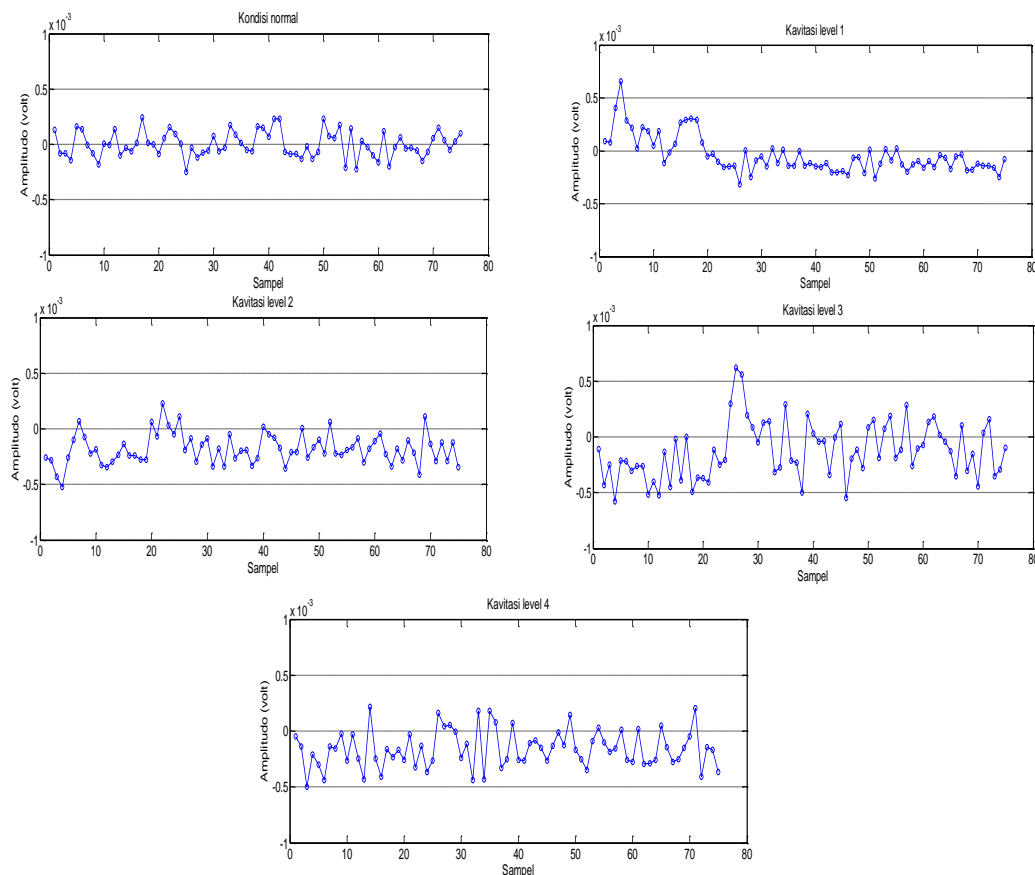


Gambar 4.2 Hasil plot domain waktu

Berdasarkan dari hasil plot domain pada Gambar 4.2 belum dapat dianalisa kapan fenomena kavitasi muncul jika hanya dilihat dengan domain waktu. Karena jika hanya dengan domain waktu munculnya kavitasi belum dapat diamati dengan jelas maka digunakan analisa yang lebih mendalam dengan menggunakan parameter statistik seperti yang akan dibahas selanjutnya.

4.2.1 Analisa statistik (Mean)

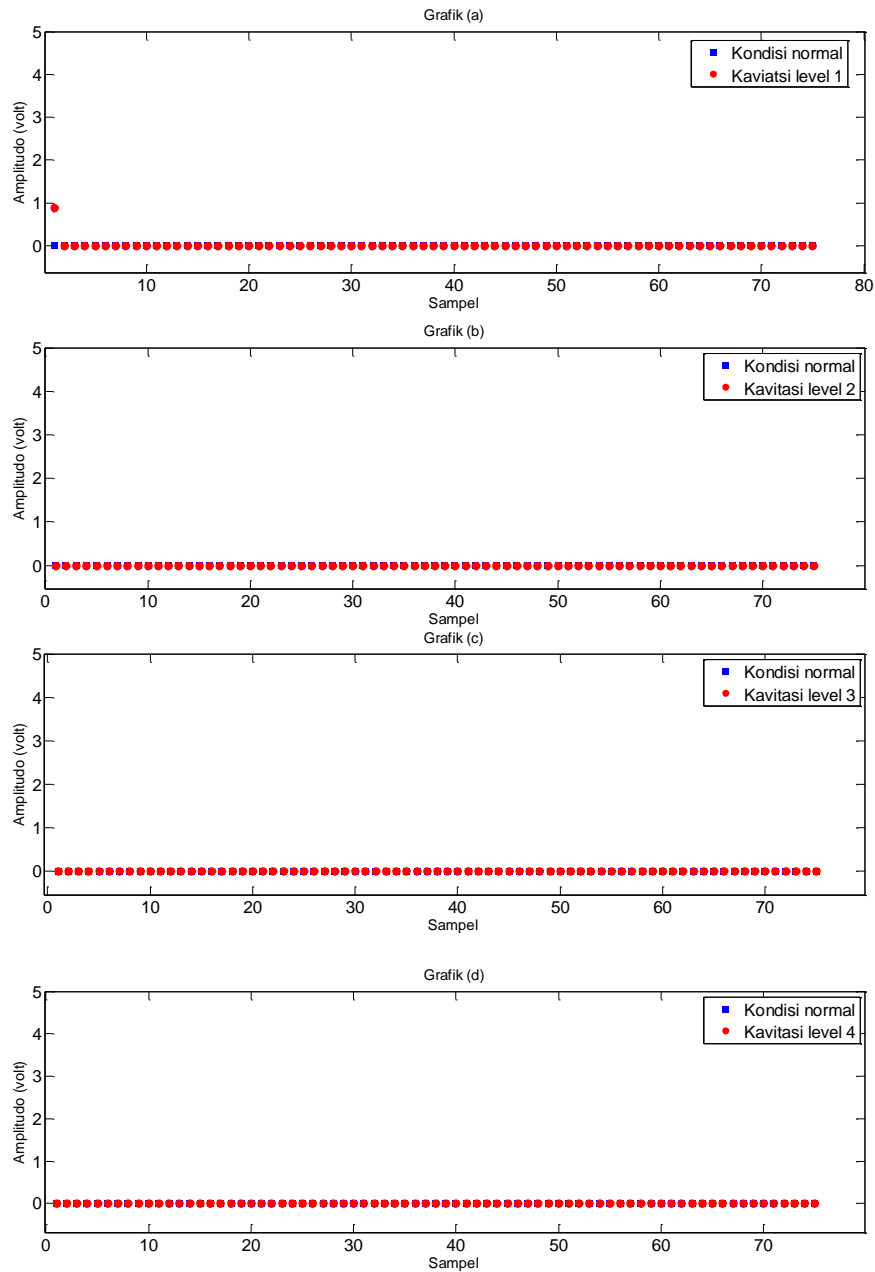
Data yang diperoleh setiap 1 set perekaman sebanyak 75 segmen kemudian dianalisa dengan menggunakan parameter statistik. Seperti pada Gambar 4.3 merupakan statistik dengan menggunakan mean.



Gambar 4.3 Plot statistik Mean

Setelah didapat plot statistik mean diatas selanjutnya dilakukan perbandingan antar kondisi normal dengan kavitasi level 1,2,3 dan 4 seperti pada Gambar 4.4. Gambar 4.4 merupakan perbandingan antar kondisi perekaman yang telah dianalisa dengan parameter statistik. Perbandingan pada kondisi normal dan kondisi kavitasi level 1 menghasilkan informasi bahwa belum adanya perubahan yang signifikan seperti pada Gambar 4.4 (a). Informasi yang sama didapatkan pada perbandingan yang melibatkan kavitasi level 2 belum terlihat juga perubahan statistik dapat dilihat pada Gambar 4.4 (b). Pada perbandingan kondisi

normal dengan kavitasi level 3 dan kondisi normal dengan kavitasi level 4 menghasilkan informasi yang sama yaitu tidak terlihat perubahan statistik pada perbandingan tersebut.

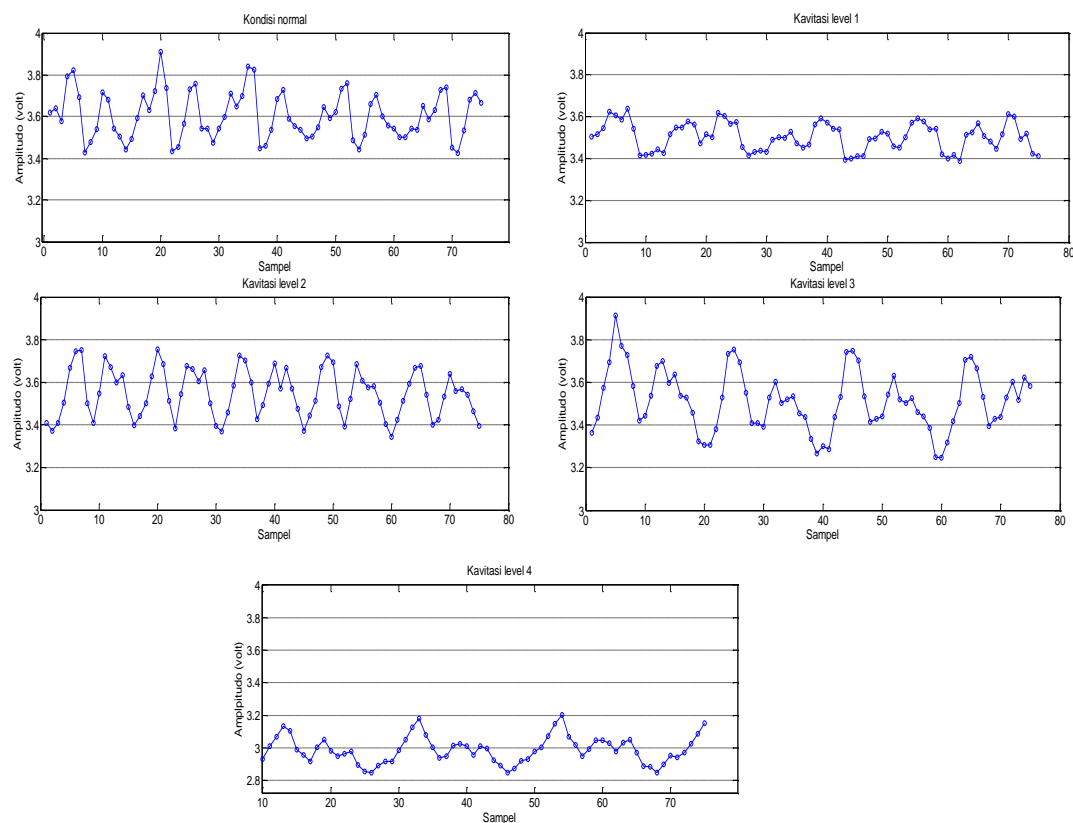


Gambar 4.4 Perbandingan antara kondisi normal dan level kavitasi menggunakan mean

Analisa yang telah dilakukan dengan menggunakan parameter statistik mean didapatkan hasil bahwa kavitasi tidak dapat terdeteksi dengan parameter ini. Perubahan statistik tidak terjadi pada kavitasi level rendah hingga kavitasi level tinggi.

4.2.2 Analisa statistik (Kurtosis)

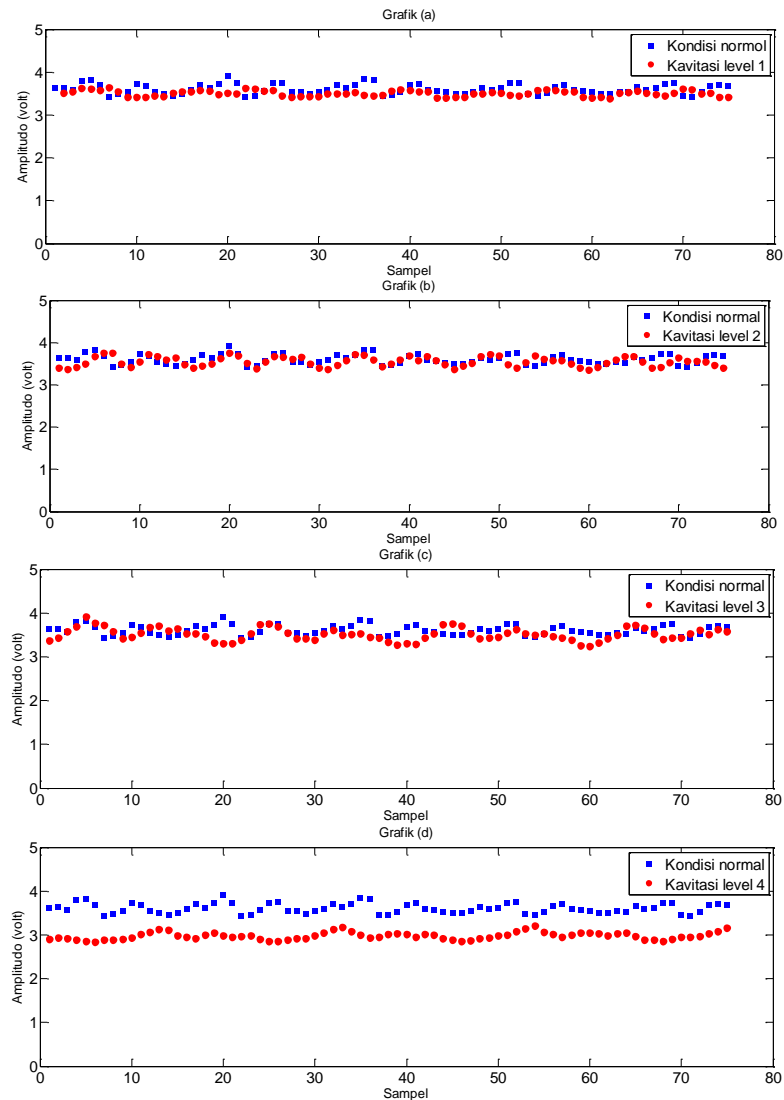
Gambar 4.5 merupakan hasil plot parameter statistik dengan kurtosis yang berasal dari data perekaman. Perekaman dilakukan pada 5 kondisi yang berbeda yaitu pada kondisi normal, kondisi level kavitasi 1, kondisi level kavitasi 2, kondisi level kavitasi 3 dan kondisi level kavitasi 4.



Gambar 4.5 Plot statistik kurtosis

Parameter statistik kurtosis selanjutnya dilakukan perbandingan antar kondisi pada pompa sentrifugal. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6. Menurut analisa dengan perbandingan pada Gambar 4.6 didapatkan beberapa informasi yaitu pada Gambar 4.6(a) tidak terlihat perbedaan yang nyata pada statistik kavitasi level 1. Pada kavitasi level 2 dan kavitasi level 3 juga belum

terjadi perbedaan statistik seperti terlihat pada Gambar 4.6(b) dan Gambar 4.6(c). Dilain hal penurunan statistik terjadi pada kavitasi level 4 dimana perbedaan statistik mulai terlihat nyata seperti terlihat pada Gambar 4.6(d).

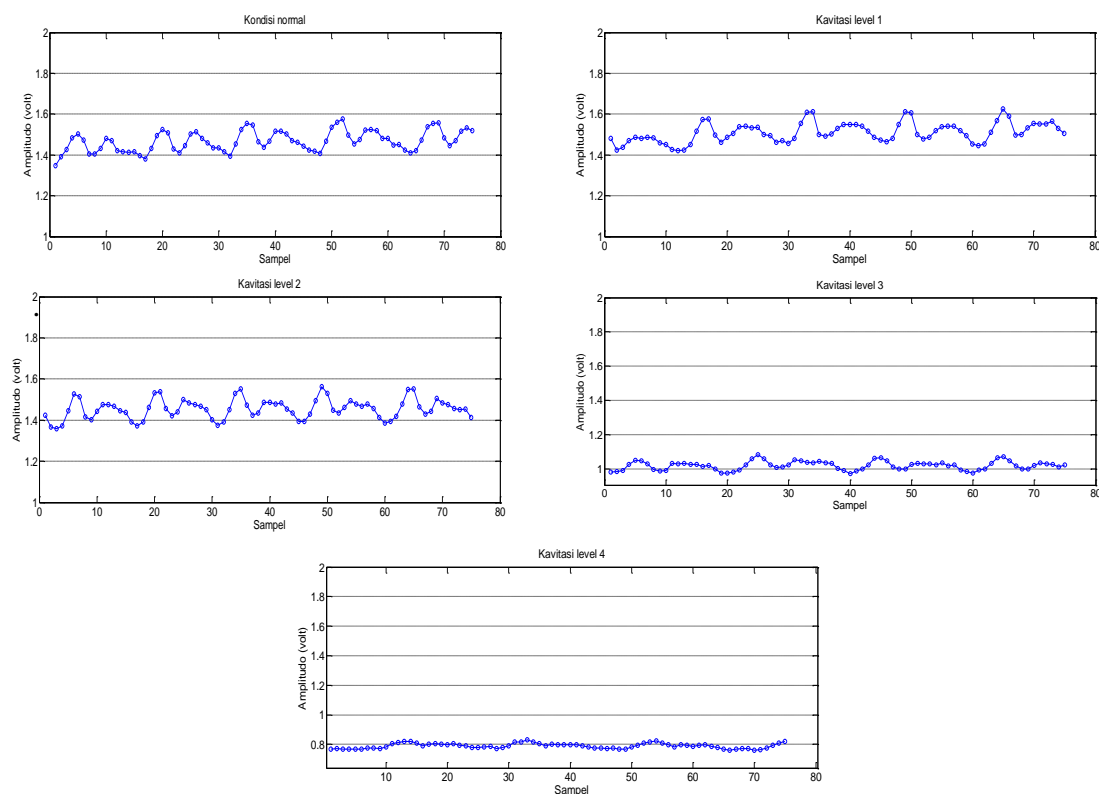


Gambar 4.6 Perbandingan antara kondisi normal dan level kavitasi menggunakan kurtosis

Hasil analisis dengan parameter statistik kurtosis diperoleh bahwa indikasi terjadinya fenomena kavitasi dapat dideteksi. Namun pendeteksian kavitasi baru dapat dilihat pada kavitasi tingkat tinggi, dengan ini deteksi kavitasi dengan statistik kurtosis dapat dilakukan namun kurang responsif.

4.2.3 Analisa statistik (RMS)

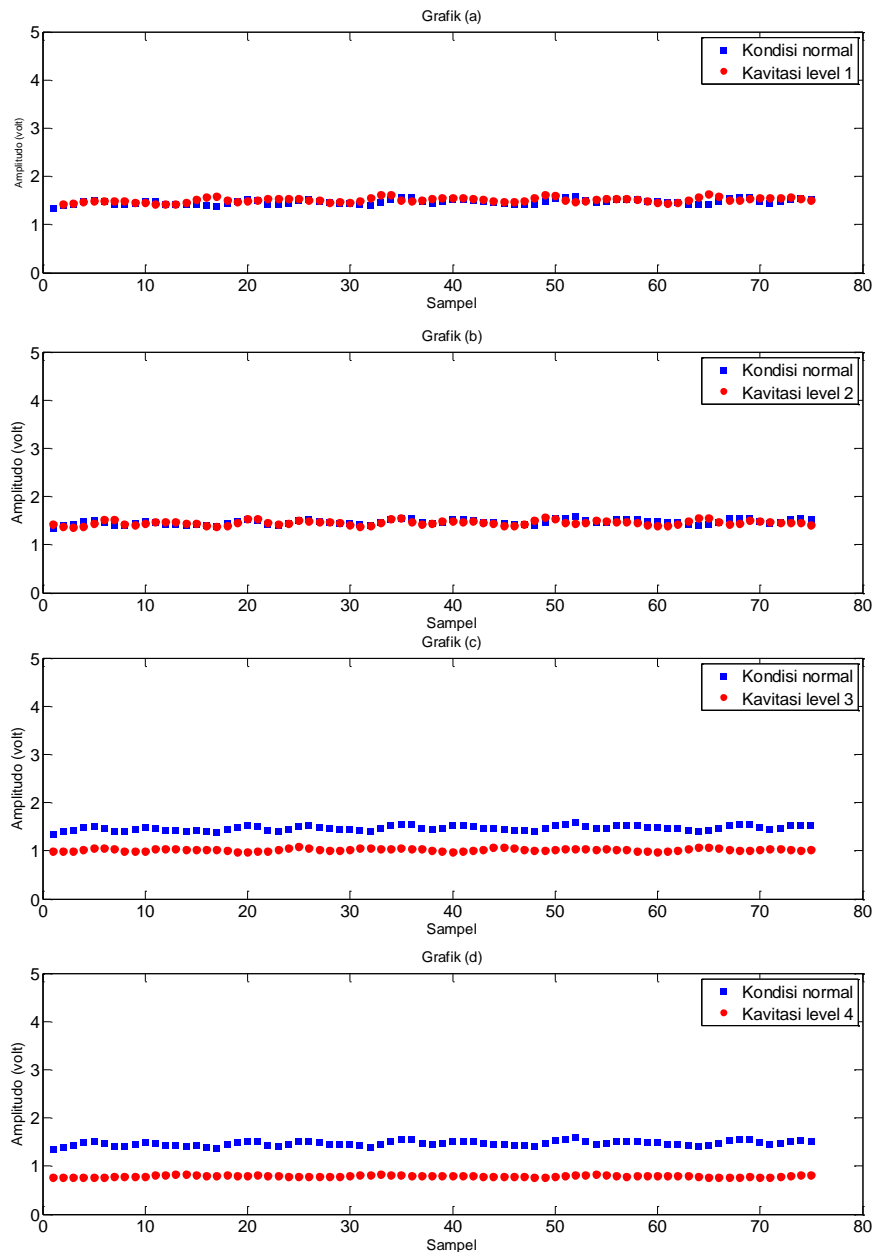
Seperti pada analisa sebelumnya diatas data yang diperoleh setiap 1 set perekaman memiliki 75 segmen yang kemudian dianalisa dengan menggunakan parameter statistik. Sebanyak 5 kondisi perekaman dianalisa dengan parameter statistik sehingga didapat plot hasil parameter statistik. Seperti pada Gambar 4.7 merupakan grafik statistik dengan menggunakan RMS.



Gambar 4.7 Plot statistik RMS

Setelah didapatkan plot statistik RMS kemudian dilakukan perbandingan seperti pada Gambar 4.8 untuk mempermudah analisa. Perbandingan dilakukan antara kondisi normal dan kavitasi level 1, 2, 3 dan 4. Pada perbandingan Gambar 4.8(a) antara kondisi normal dengan kavitasi level 1 didapatkan informasi bahwa grafik statistik yang ada masih cenderung sama belum ada perubahan yang terjadi. Begitu juga hal yang sama terjadi pada Gambar 4.8(b) dimana perbandingan dilakukan antara kondisi normal dan kavitasi level 2 perubahan pada grafik statistik belum terlihat nyata. Berbeda halnya pada Gambar 4.8(c) dimana

perbandingan yang dilakukan antara kondisi normal dengan kavitasi level 3 mulai terjadi perubahan statistiknya. Perbandingan antara kondisi normal dengan kavitasi level 4 yang dapat dilihat pada Gambar 4.8(d) menunjukkan informasi perubahan statistik yang semakin jelas.

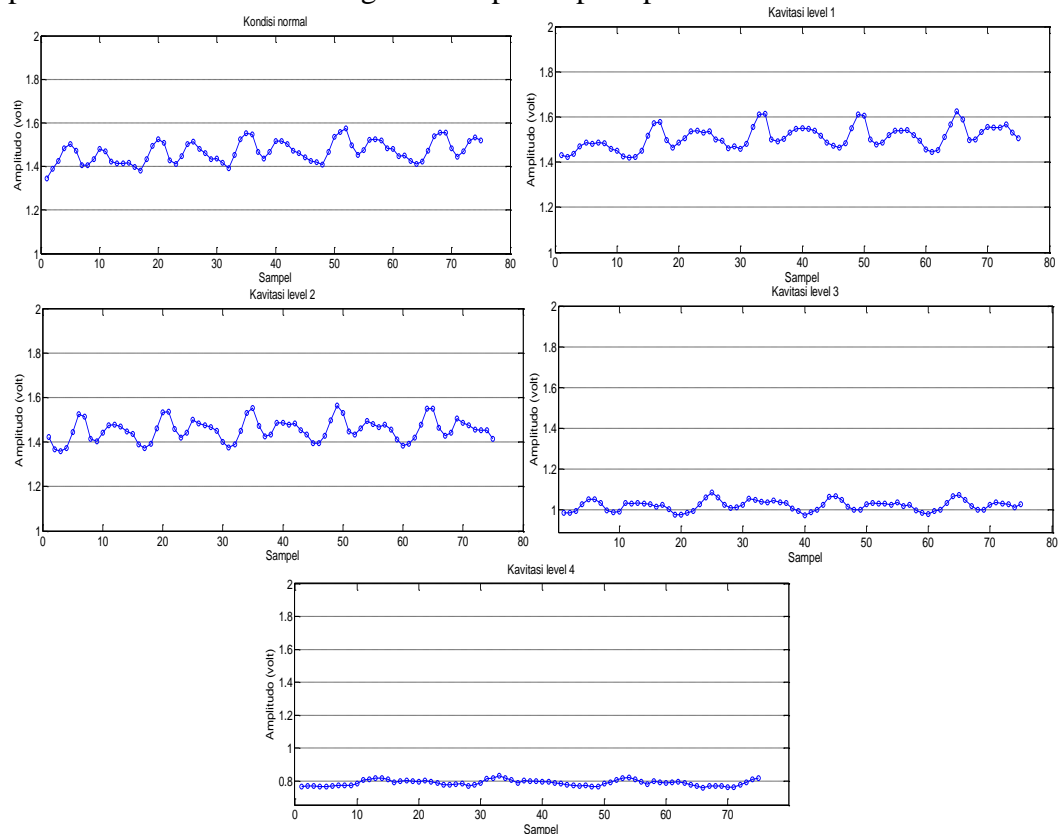


Gambar 4.8 Perbandingan antara kondisi normal dengan level kavitasi menggunakan RMS

Setelah dilakukannya perbandingan diatas didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan parameter statistik RMS terjadi perubahan statistik yang mengindikasikan kavitasi mulai terdeteksi pada level kavitasi tingkat medium yaitu pada kavitasi level 3. Hasil analisa tersebut mengartikan bahwa parameter statistik RMS pada penelitian ini ternyata dapat digunakan untuk deteksi kavitasi. Penelitian sebelumnya juga mendapatkan hasil perubahan statistik RMS mengartikan bahwa terjadi kerusakan (Pradhan,2012).

4.2.4 Analisa statistik (Standar deviasi)

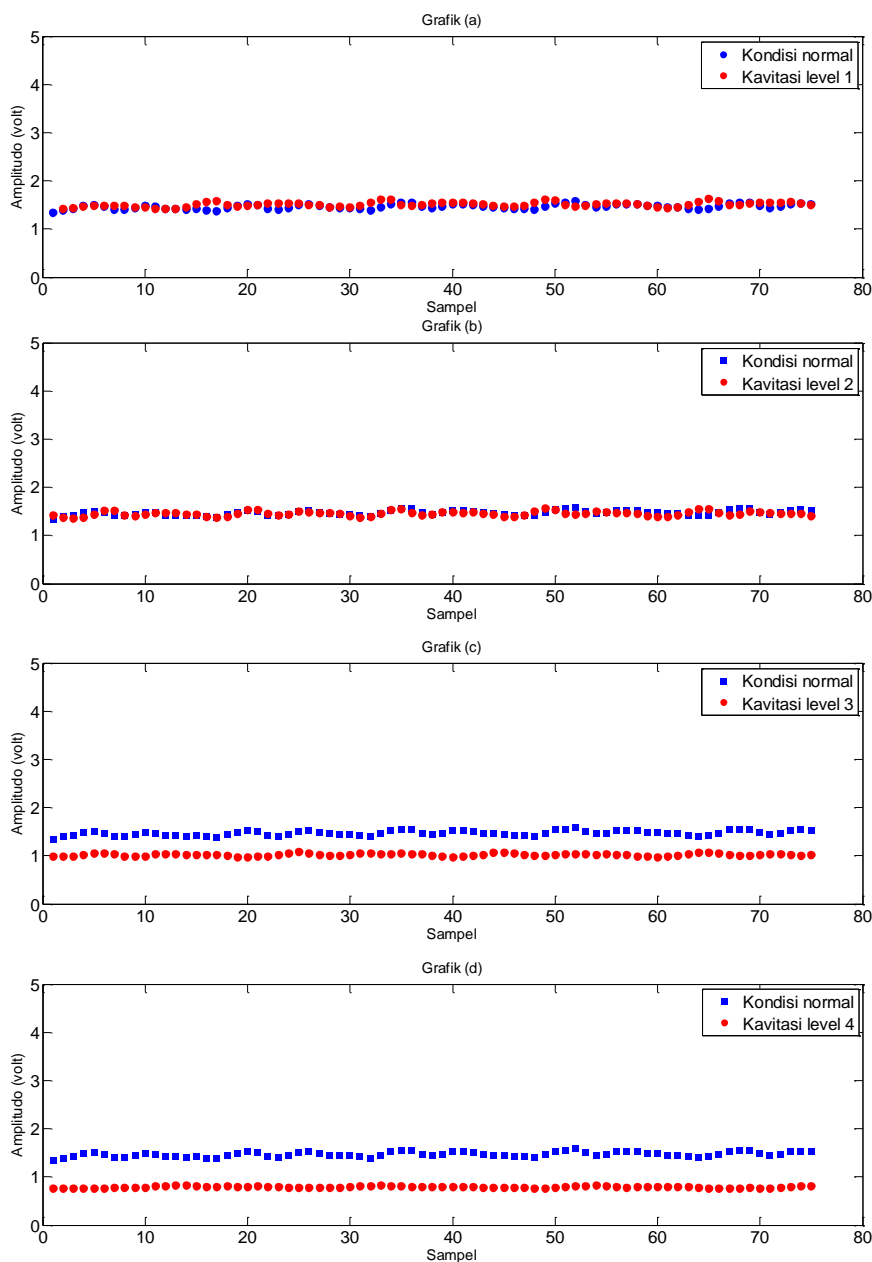
Parameter statisik selanjutnya yang dipakai adalah standar deviasi untuk dilakukannya analisa pada data perekaman yang sudah didapat. Data perekaman yang didapat setiap 1 kali perekaman sejumlah 75 segmen akan di analisa dengan parameter statistik dan menghasilkan plot seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Plot statistik Standar deviasi

Setelah didapatkan plot statistik standar deviasi kemudian dilakukan perbandingan antara kondisi normal dengan variasi level kavitasi seperti pada

Gambar 4.10. Perbandingan antar kondisi menghasilkan beberapa informasi seperti pada perbandingan kondisi normal dengan kavitasi level 1 didapatkan informasi bahwa pada kavitasi level 1 belum terjadi perubahan pada grafik statistik yang ada, dapat dilihat pada Gambar 4.10(a). Hal tersebut juga terjadi pada perbandingan antara kondisi normal dan kavitasi level 2 belum adanya perubahan signifikan dari grafik statistik yang diperoleh seperti pada Gambar 4.10(b). Hal yang lain justru terjadi pada perbandingan kondisi normal dengan kavitasi level 3 pada perbandingan ini diketahui adanya perubahan yakni menurunnya statistik pada kavitasi level 3 dibandingkan dengan kondisi normal seperti pada Gambar 4.10(c). Perubahan statistik juga terjadi pada perbandingan kondisi normal dengan kavitasi level 4, pada perbandingan ini penurunan statistik semakin terlihat signifikan dari penurunan statistik pada kavitasi level 3 hal ini dapat diamati dalam Gambar 4.10(d).

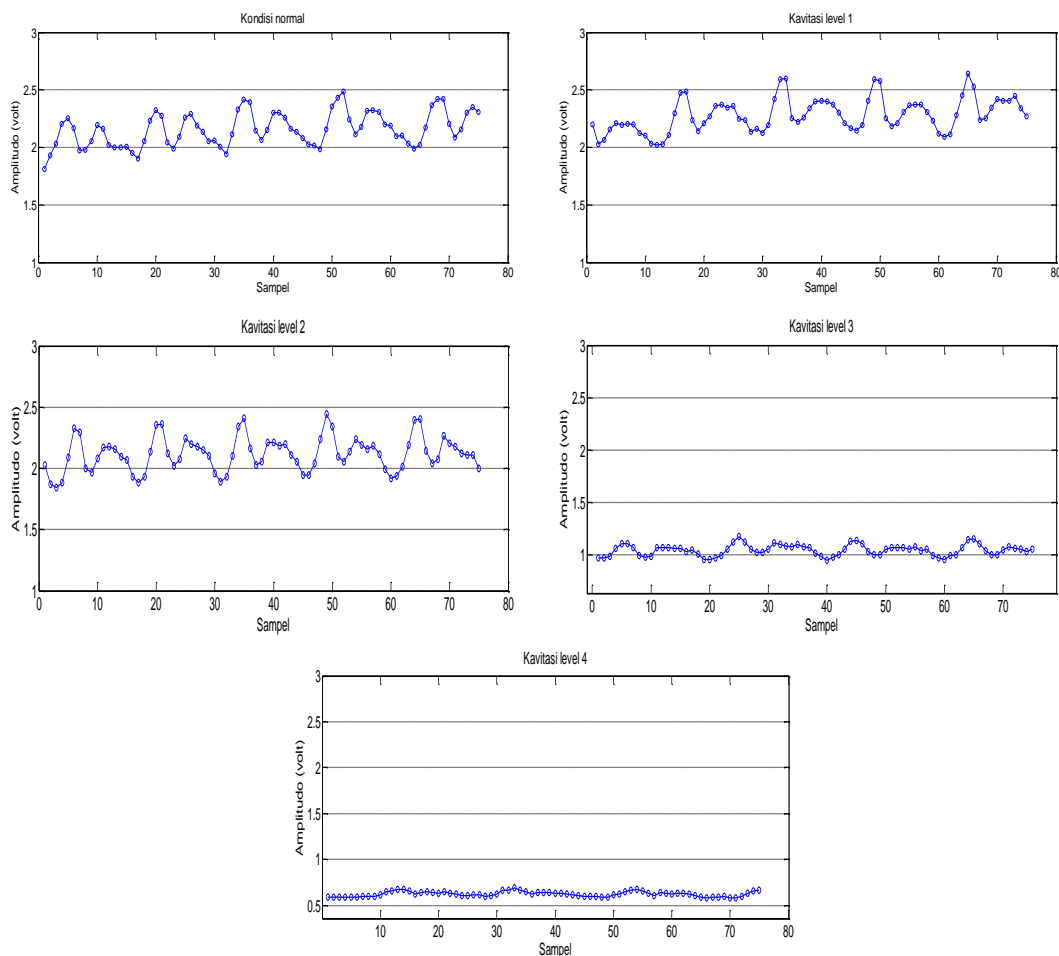


Gambar 4.10 Perbandingan Kondisi normal dengan variasi level kavitasi menggunakan standar deviasi

Hasil yang didapatkan setelah melakukan analisa perbandingan diatas adalah kavitasi diindikasikan terdeteksi pada kavitasi level 3 dengan menggunakan parameter statistik standar deviasi. Parameter statistik standar deviasi disimpulkan dapat digunakan pada metode penelitian ini, dimana kavitasi mulai terpantau terjadi pada level kavitasi yang medium yaitu pada kavitasi level 3.

4.2.5 Analisa statistik (Varians)

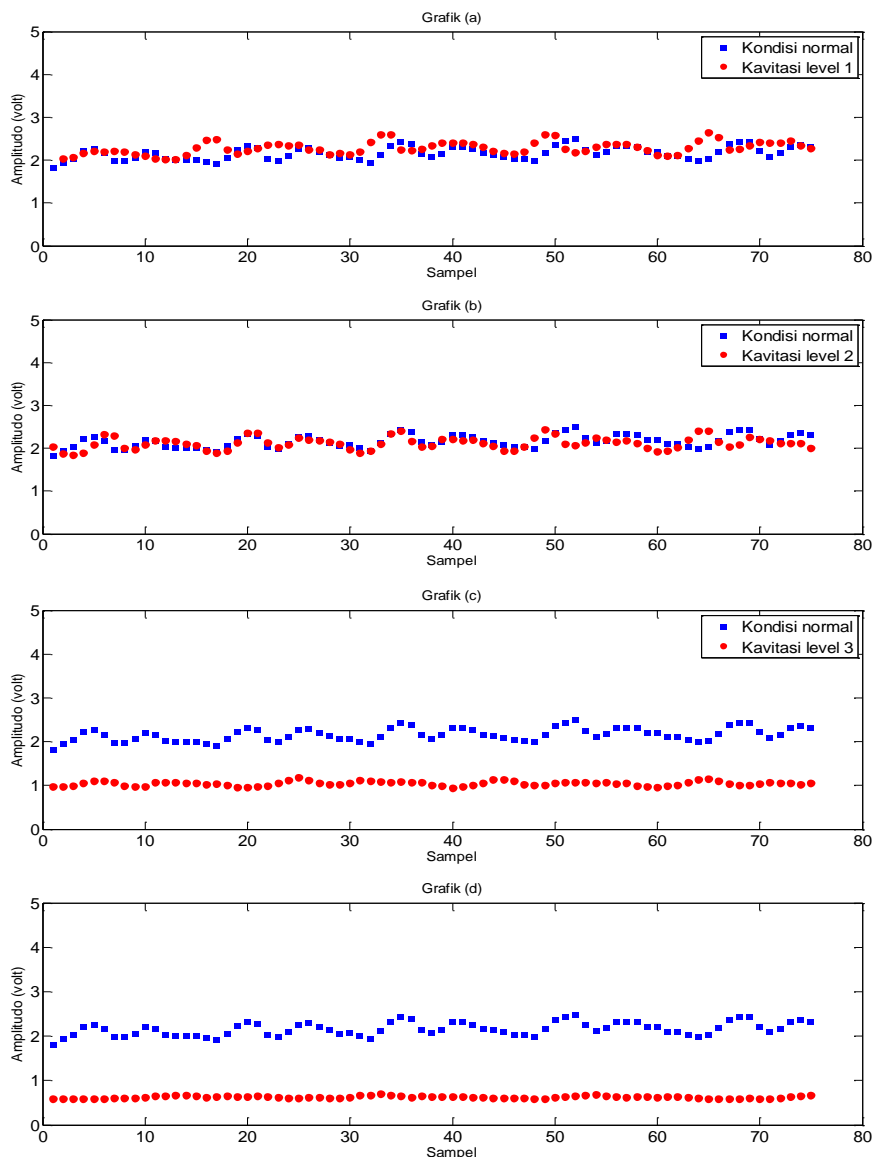
Pengamatan selanjutnya digunakan analisa dengan menggunakan parameter statistik varians. Sebanyak 5 kondisi perekaman dianalisa dengan parameter statistik sehingga didapat plot hasil parameter statistik. Seperti pada Gambar 4.11 adalah hasil plot statistik dengan menggunakan varians.



Gambar 4.11 Plot statistik varians

Perbandingan antara kondisi normal dengan level kavitasi digunakan untuk mempermudah analisis pada parameter statistik ini seperti pada Gambar 4.12. Informasi yang didapatkan pada Gambar 4.12(a) dari perbandingan kondisi normal dengan kavitasi level 1 adalah belum adanya perubahan grafik statistik yang terjadi. Hal tersebut juga terjadi pada perbandingan kondisi normal dengan kavitasi level 2 grafik yang terbentuk masih belum mengalami perubahan yang

signifikan seperti pada Gambar 4.12(b). Perubahan justru sudah terlihat pada grafik statistik perbandingan kondisi normal dengan kavitasi level 3, dimana grafik untuk kavitasi level 3 lebih kecil dibandingkan kondisi normal seperti terlihat pada Gambar 4.12(c). Semakin meningkat level kavitasi ternyata memberikan informasi semakin menurunnya grafik statistik yang diperoleh seperti terjadi pada perbandingan kondisi normal dengan kavitasi level 4 dimana kavitasi level 4 memiliki grafik statistik yang lebih rendah dapat dilihat pada Gambar 4.12(d).

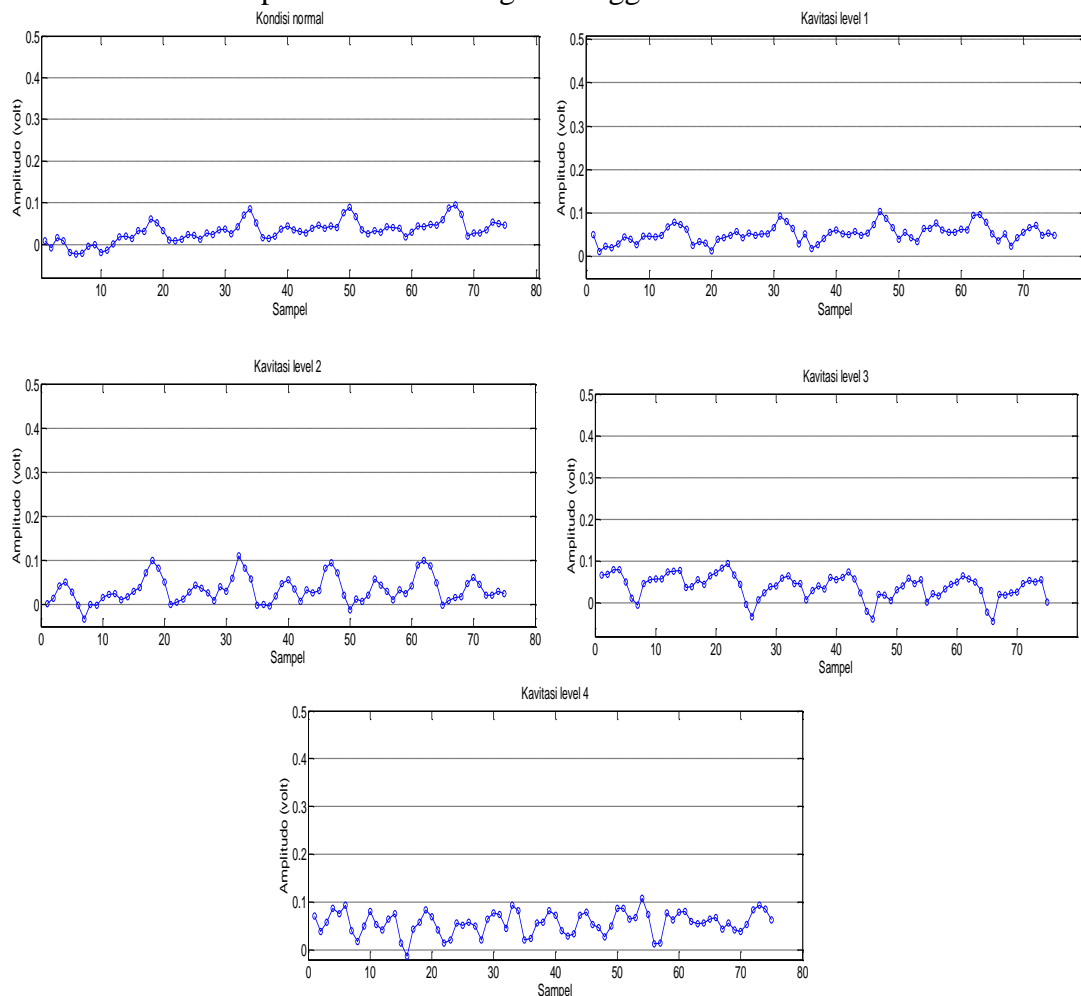


Gambar 4.12 Perbandingan kondisi normal dengan variasi level kavitasi menggunakan varians

Dari hasil analisa menggunakan parameter statistik varians didapatkan hasil bahwa pada kondisi kavitasi level 3 mulai menunjukkan perubahan statistik dimana itu mengindikasikan kavitasi terjadi. Sehingga dengan itu disimpulkan bahwa parameter statistik varians dapat digunakan untuk mendeteksi kavitasi pada penelitian ini. Parameter statistik varians baru dapat mendeteksi kavitasi pada saat berada di kavitasi tingkat medium yaitu di kavitasi level 3.

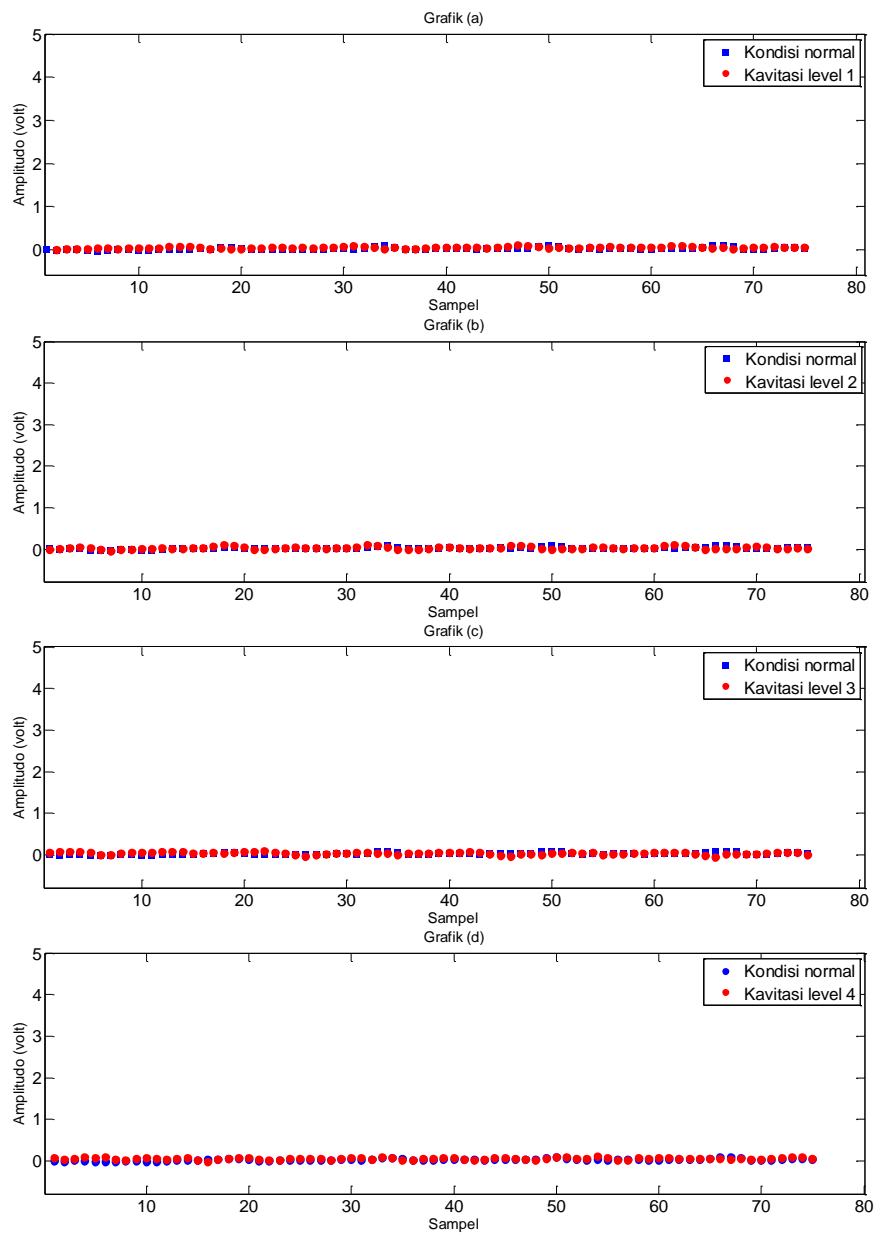
4.2.5 Analisa statistik (Skewness)

Data yang diperoleh setiap 1 set perekaman sebanyak 75 segmen yang kemudian dianalisa dengan menggunakan parameter statistik. Seperti pada Gambar 4.13 merupakan statistik dengan menggunakan skewness.



Gambar 4.13 Plot statistik skewness

Selanjutnya akan digunakan perbandingan untuk membantu analisa pada statistik yang didapat. Perbandingan dilakukan antara kondisi normal dan kavitasi level 1,2,3 dan 4 dapat dilihat pada Gambar 4.14. Informasi yang didapatkan dari perbandingan tersebut adalah pada Gambar 4.14(a) dimana perbandingan antara kondisi normal dan kavitasi level 1 belum menunjukkan perbedaan atau perubahan. Hal tersebut juga terjadi pada perbandingan antara kondisi normal dengan kavitasi level 2 belum adanya perubahan yang signifikan dari grafik tersebut seperti dapat di Gambar 4.14(b). Pada Perbandingan kondisi normal dengan kavitasi level 3 didapatkan informasi belum terlihat perubahan statistik untuk kavitasi level 3 seperti pada Gambar 4.14(c). Tidak terlihatnya perubahan statistik juga terjadi pada perbandingan kondisi normal dengan kavitasi level 4 dapat diamati pada Gambar 4.14(d).



Gambar 4.14 Perbandingan kondisi normal dengan variasi level kavitasi (skewness)

4.3 Pembahasan domain waktu

Pada penelitian ini dengan menggunakan analisa pada domain waktu dengan menggunakan parameter statistik didapatkan beberapa hal yang dapat dibahas. Parameter statistik yang digunakan pada analisa diatas menampilkan beberapa

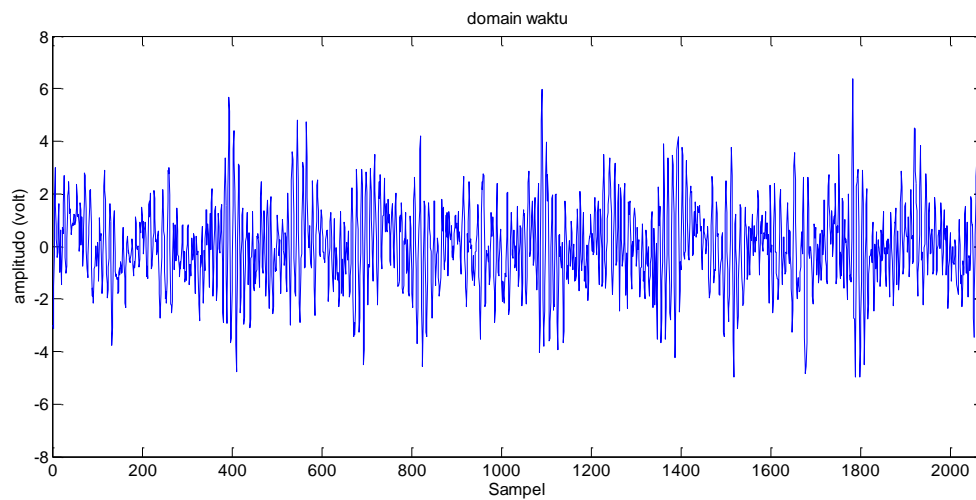
hasil yang berbeda. Hasil yang didapat dengan menggunakan parameter statistik mean dan skewness pada penelitian ini ternyata tidak dapat digunakan untuk menganalisa fenomena kavitasi. Pada parameter statistik mean dan skewness tidak didapati perubahan statistik antara kondisi normal dan kondisi kavitasi dari mulai kavitasi level 1 sampai kavitasi level 4. Hal tersebut mengartikan bahwa kedua parameter statistik tersebut tidak dapat digunakan untuk mendeteksi fenomena kavitasi. Sedangkan analisa dengan menggunakan parameter statistik kurtosis perbedaan statistik mulai teramati pada kavitasi tingkat tinggi yaitu pada kavitasi level 4, perbedaan statistik tersebutlah yang mengindikasikan terjadinya kavitasi. Hasil yang didapat dari statistik kurtosis menyimpulkan bahwa dengan statistik kurtosis dapat digunakan untuk mendeteksi terjadinya fenomena kavitasi yaitu pada kavitasi tingkat tinggi. Pendeteksian fenomena kavitasi juga berhasil didapat dengan menggunakan parameter statistik RMS, standar deviasi dan varians. Pada ketiga parameter statistik tersebut munculnya perbedaan statistik mulai terjadi pada kavitasi level 3. Sama seperti sebelumnya perbedaan yang teramati pada kavitasi level 3 mengindikasikan terjadinya fenomena kavitasi. Hasil yang didapat dari ketiga parameter tersebut yakni RMS, standar deviasi dan varians menyimpulkan bahwa ketiga parameter tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi terjadinya kavitasi.

4.4 Analisa Domain frekuensi

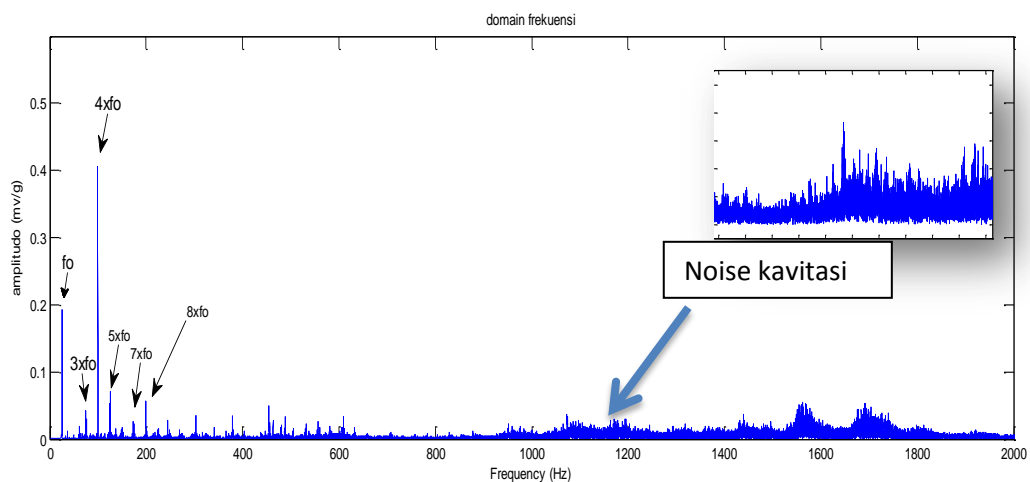
Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 merupakan plot hasil domain waktu dan plot hasil domain frekuensi dengan kondisi normal yang dihasilkan dari data yang telah diperoleh dari simulator pompa sentrifugal. Pada Gambar 4.15 merupakan domain waktu kondisi normal yang direkam dengan kecepatan putar 1484 RPM dan sampling rate sebesar 17066. Plot yang dilihat pada Gambar 4.15 merupakan grafik domain waktu dari 3 kali putaran poros. Sedangkan pada Gambar 4.16 merupakan hasil transformasi domain waktu menggunakan fft.

Hasil transformasi fft berbentuk domain frekuensi dimana didalamnya mempunyai informasi tentang kondisi setiap komponen pada pompa sentrifugal yang ditunjukkan adanya *peak* (puncak) pada grafik. Pada *peak* f_0 (frekuensi

fundamental) 24,5 Hz menginformasikan kecepatan dari poros pompa. *Peak* tersebut mempunyai harmonik (kelipatan dari frekuensi) seperti pada $2xf_0$, $4xf_0$ dan $6xf_0$. Pada domain frekuensi ini juga terdapat *peak* yang menunjukkan frekuensi dari suatu komponen seperti pada $6xf_0$ atau f_i adalah *peak* dari impeler pompa (f_i) dimana impeler pada pompa mempunyai jumlah sudu sebanyak 6 sudu. Pada domain frekuensi ini juga terdapat noise kavitasi yang terjadi pada 1 kHz sampai 20 kHz seperti yang diutarakan Raymond S. Bebe (2004). Pada noise kavitasi sudah tidak ada lagi informasi yang dapat diketahui. Pada penelitian ini akan digunakan perbandingan antar kondisi perekaman seperti yang akan di bahas selanjutnya.



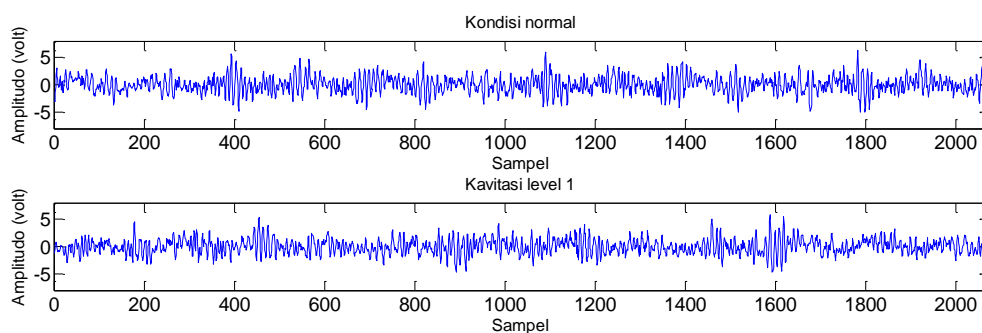
Gambar 4.15 Domain waktu



Gambar 4.16 Domain frekuensi

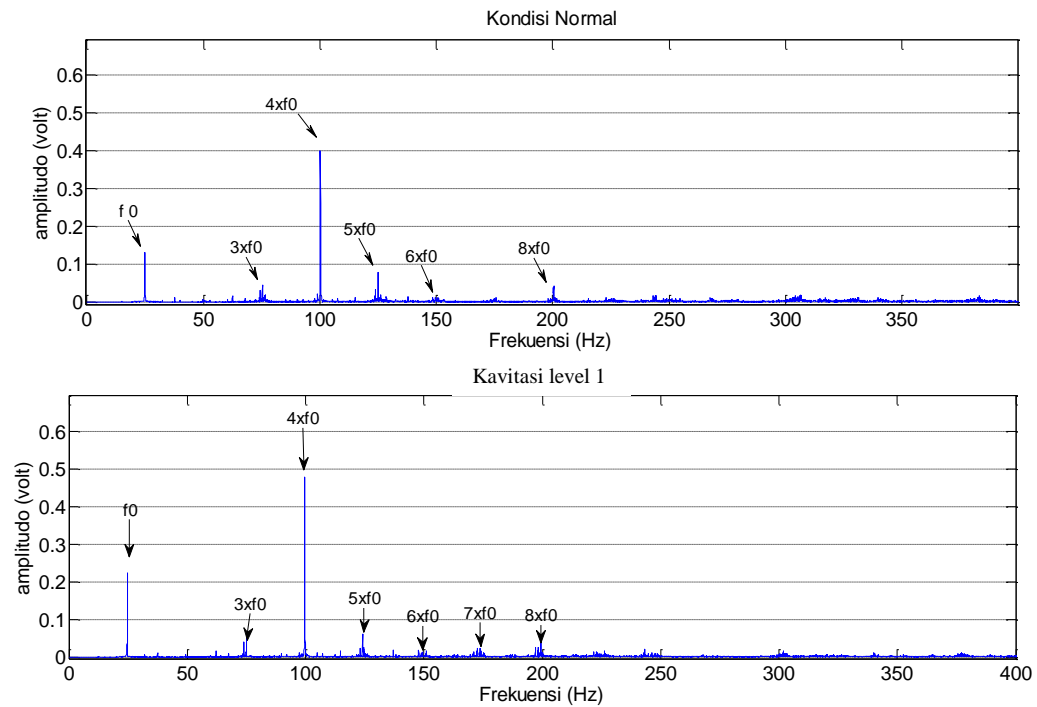
4.4.1 Perbandingan Kondisi normal dan kavitasi level 1

Gambar 4.17 merupakan plot hasil domain waktu kondisi normal dan kavitasi level 1. kondisi normal dan kavitasi level 1 dengan kecepatan putar poros sebesar 1482 rpm dan sampling rate sebesar 17066 selama 30 detik. Pada kedua kondisi tersebut merupakan hasil plot grafik dari 3 kali putaran poros.



Gambar 4.17 Perbandingan domain waktu kondisi normal dan kavitasi level 1

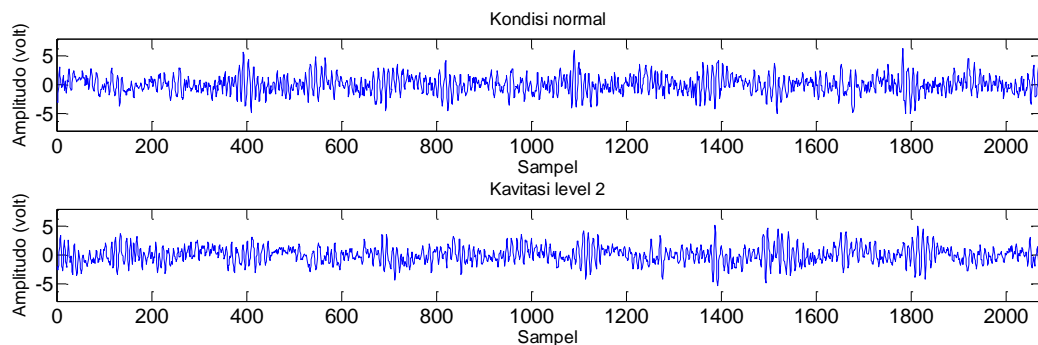
Domain waktu pada Gambar 4.17 ditransformasikan dengan fft sehingga menghasilkan domain frekuensi seperti pada Gambar 4.18. Perbandingan digunakan untuk menganalisa perubahan pada domain frekuensi antara kondisi normal dan kavitasi level 1. Informasi yang diperoleh dari perbandingan adalah meningkatnya amplitudo pada f_0 (frekuensi fundamental) 0,129 volt menjadi 0,224 volt. Peningkatan amplitudo juga terjadi pada harmonik dari f_0 yaitu pada $4xf_0$ peningkatan amplitudo dari 0,400 volt menjadi 0,478 volt. Hal yang sama terjadi pada $6xf_0$ kenaikan amplitudo dari 0,010 volt menjadi 0,012 volt.



Gambar 4.18 Perbandingan kondisi normal dan kavitasi level 1

4.4.2 Perbandingan kondisi normal dan kavitasi level 2

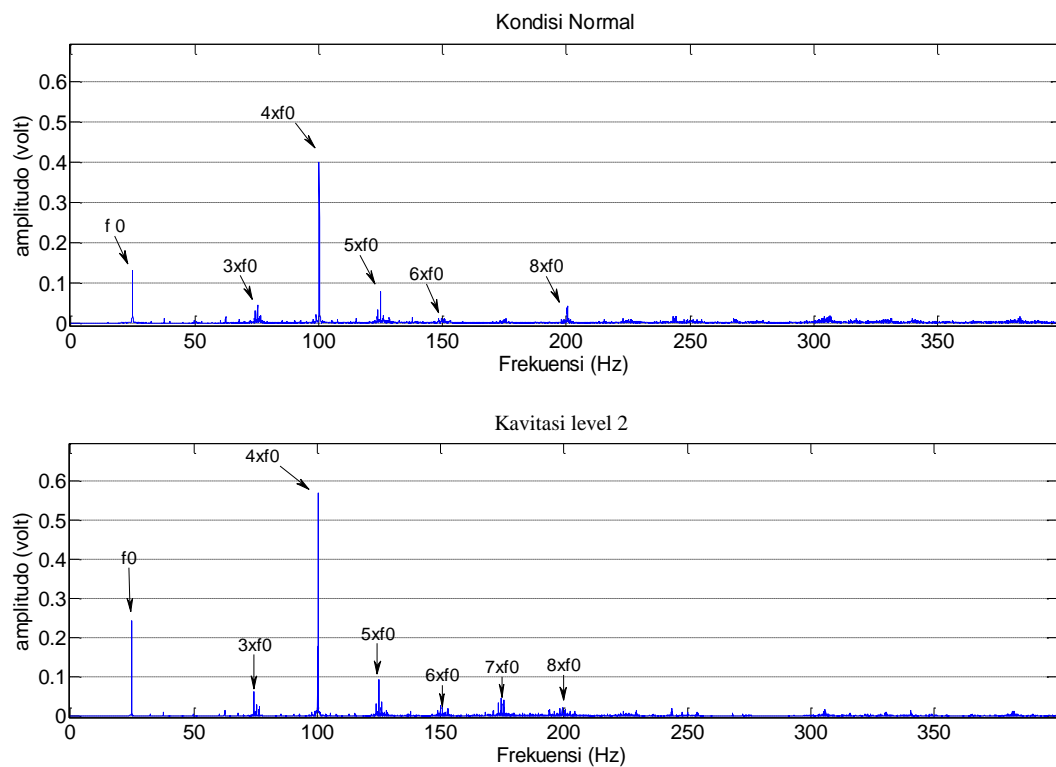
Gambar 4.19 merupakan plot hasil domain waktu kondisi normal dan kavitasi level 2. Kavitasi level 2 direkam dengan kecepatan putar poros sebesar 1483 RPM dan sampling rate sebesar 17066 selama 30 detik. Pada kedua kondisi tersebut merupakan hasil plot dari 3 kali putaran poros.



Gambar 4.19 Perbandingan domain waktu kondisi normal dan kavitasi level 2

Plot domain waktu yang telah didapat akan dirubah kedalam domain frekuensi dan mendapatkan hasil seperti pada Gambar 4.20. Pada plot domain

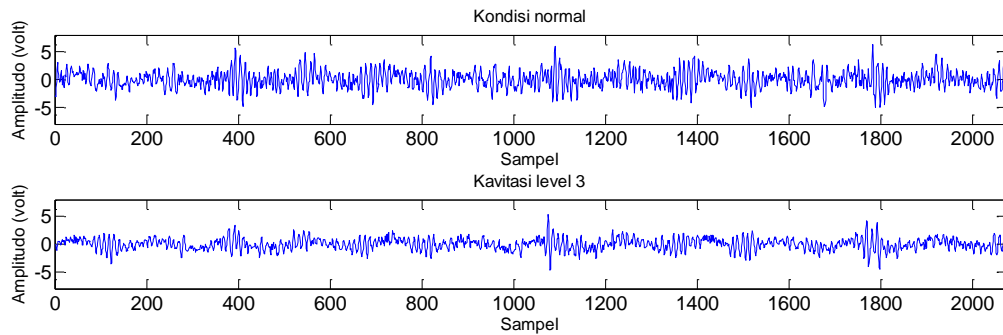
frekuensi dilakukan perbandingan antara kondisi normal dengan kavitasi level 2. Beberapa informasi didapatkan dari perbandingan pada Gambar 4.20 yaitu meningkatnya amplitudo yang dimiliki oleh f_0 (frekuensi fundamental) dari 0,129 volt menjadi 0,244 volt. Meningkatnya amplitudo juga terjadi pada harmonik f_0 yaitu pada $4xf_0$ dari 0,400 volt menjadi 0,569 volt. Pada frekuensi $6xf_0$ atau f_i menunjukkan peningkatan amplitudo dari 0,10 volt menjadi 0,28 volt.



Gambar 4.20 Perbandingan kondisi normal dan kavitasi level 2

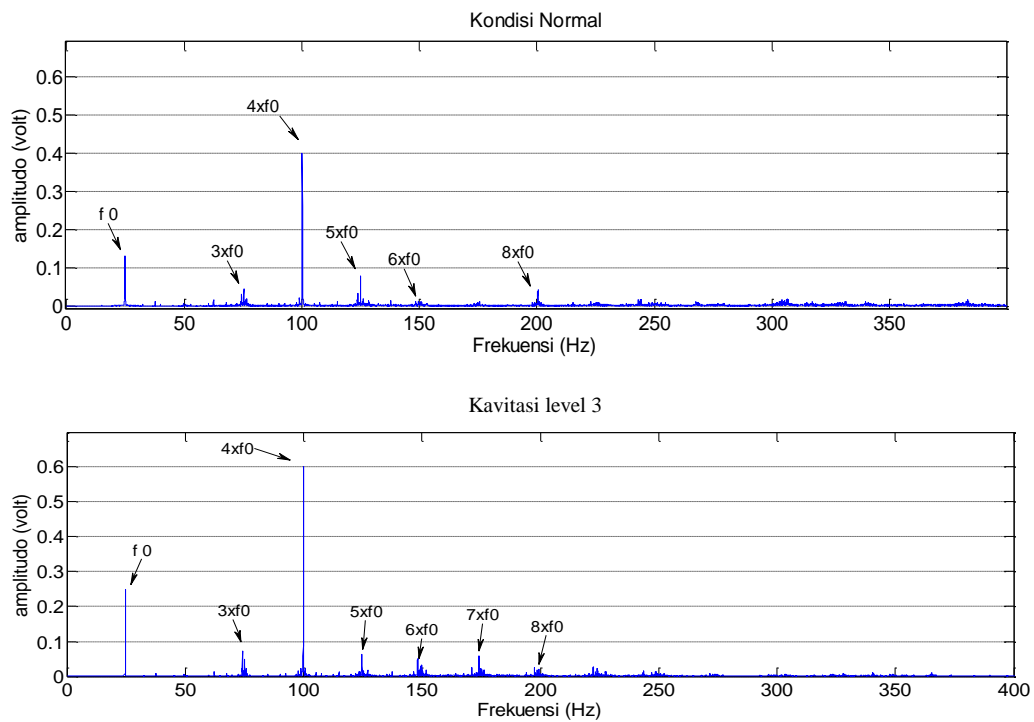
4.4.3 Perbandingan kondisi normal dan kavitasi level 3

Gambar 4.21 merupakan plot domain waktu dari kondisi normal dan level kavitasi 3 yang direkam dari 3 kali putaran poros pompa.



Gambar 4.21 Perbandingan domain waktu kondisi normal dan kavitasi level 3

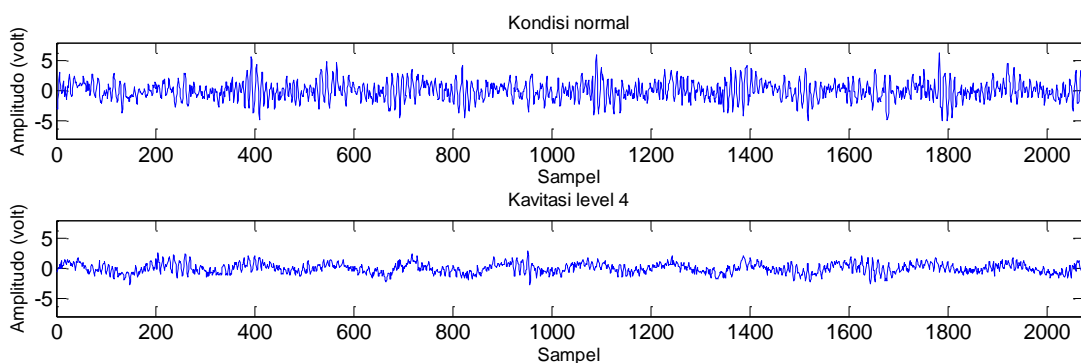
Domain frekuensi akan digunakan pada analisa kali ini. Domain frekuensi merupakan perubahan domain waktu dengan menggunakan fft seperti pada Gambar 4.22. Perbandingan antara kondisi normal dan kavitasi level 3 dengan domain frekuensi didapatkan beberapa informasi didalamnya. Informasi yang didapat adalah naiknya amplitudo pada beberapa *peak* diantaranya f_0 , $4xf_0$ dan $6xf_0$. Pada f_0 (frekuensi fundamental) amplitudo meningkat dari 0,129 volt menjadi 0,248 volt. Hal yang sama juga terjadi pada $4xf_0$ meningkatnya amplitudo dari 0,400 volt menjadi 0,600 volt. Peningkatan pada *peak* yang dimiliki oleh impeler $6xf_0$ juga mengalami peningkatan dari 0,010 volt menjadi 0,051 volt.



Gambar 4.22 Perbandingan kondisi normal dan kavitasi level 3

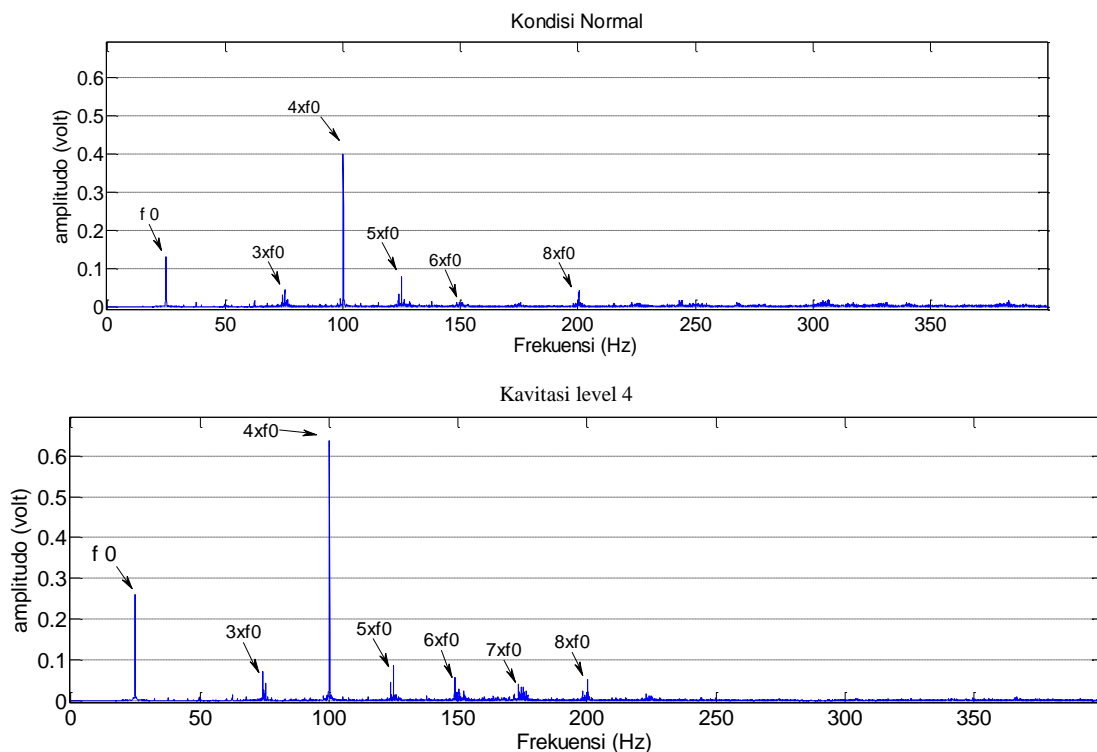
4.4.4 Perbandingan kondisi normal dan kavitasi level 4

Gambar 4.23 merupakan domain waktu kondisi normal dan level kavitasi 4. Level kavitasi 4 direkam dengan kecepatan putar poros sebesar 1482,4 rpm dan sampling rate sebesar 17066 selama 30 detik. Pada kedua kondisi tersebut merupakan hasil plot grafik dari 3 kali putaran poros.



Gambar 4.23 Perbandingan domain waktu kondisi normal dan kavitasi level 4 Setelah didapat domain waktu seperti pada gambar diatas. Domain waktu akan dirubah dengan fft sehingga menghasilkan domain frekuensi seperti pada Gambar

4.24. Perbandingan pada Gambar 4.24 dihasilkan beberapa informasi yaitu terdapat kenaikan amplitudo pada beberapa *peak*. Peningkatan terjadi pada f_0 dari 0,129 volt menjadi 0,261 volt dan pada harmoniknya yaitu $4xf_0$ juga terjadi peningkatan amplitudo dari 0,400 volt menjadi 0,638 volt. Hal yang sama juga terjadi pada $6xf_0$ dimana pada *peak* ini juga mengalami peningkatan amplitudo dari 0,10 volt menjadi 0,056 volt.

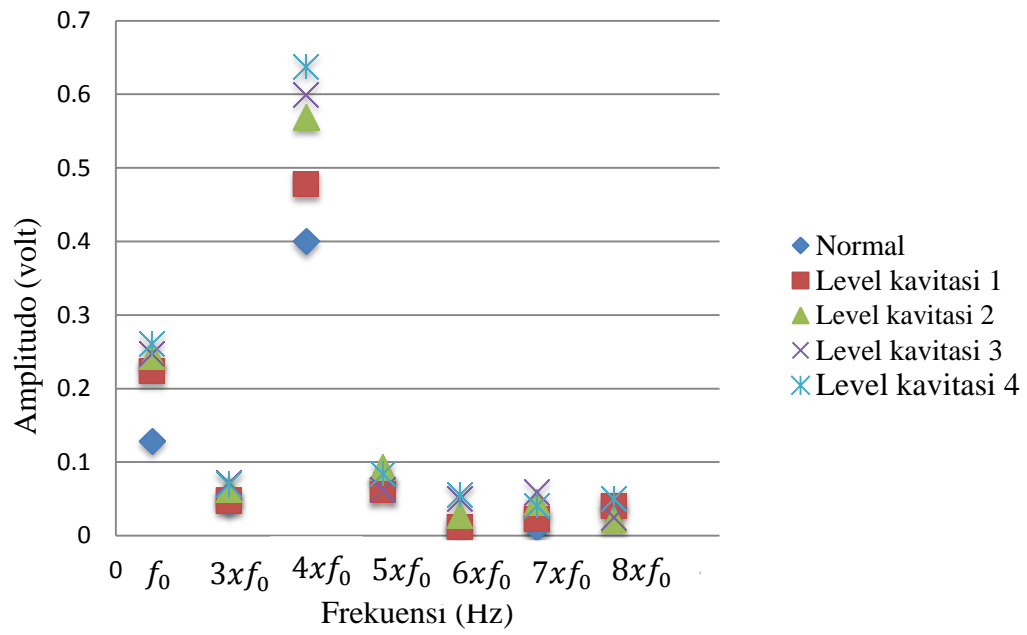


Gambar 4.24 Domain waktu Kondisi normal dan kavitasi level 4

4.5 Pembahasan domain frekuensi

Pada penelitian ini dengan menggunakan analisa domain frekuensi didapatkan beberapa hal yang dapat dibahas. Peningkatan yang terjadi pada f_0 dialami di setiap level kavitasi, semakin tinggi level kavitasi semakin meningkat amplitudo yang dimiliki f_0 . Pada kavitasi level 1 amplitudo yang dimiliki f_0 sebesar 0,224 volt dan semakin meningkat di setiap level kavitasi yang ada. Amplitudo f_0 tertinggi ada pada kavitasi level 4 yaitu 0,261 volt. Meningkatnya amplitudo pada f_0 atau pada $1x$ kecepatan putar poros di indikasikan karena *unbalance* pada poros pompa seperti yang diutarakan Raymond (2004). Peningkatan amplitudo pada setiap

kondisi perekaman dalam *peak* f_0 dapat diamati pada Gambar 4.18. Selain itu peningkatan juga terjadi pada $4xf_0$ peningkatan amplitudo. Pada *peak* $4xf_0$ ini peningkatan amplitudo sudah berlangsung pada kavitasi level 1 dimana amplitudo meningkat dari kondisi normal 0,400 volt menjadi 0,478 volt pada kavitasi level 1 dan memiliki tekanan -0,025 bar. Hal tersebut juga terus terjadi pada level kavitasi yang lebih tinggi pada kavitasi level 2 *peak* $4xf_0$ memiliki amplitudo sebesar 0,569 volt dengan tekanan pada *suction* pompa sebesar -0,05 bar, sedangkan pada kavitasi level 3 dan 4 berturut turut terjadi peningkatan amplitudo sebesar 0,600 volt dengan tekanan -0,075 bar dan 0,638 volt dengan tekanan -0,14 bar. Peningkatan amplitudo pada $4xf_0$ diindikasikan terjadi karena *misalignment* putaran kutub motor listrik. Peningkatan amplitudo juga mulai terpantau pada level kavitasi 1 *peak* $6xf_0$ atau f_i dibandingkan dengan kondisi normal. Amplitudo pada level kavitasi 1 *peak* $6xf_0$ sebesar 0,012 volt lebih tinggi dibandingkan dengan amplitudo pada kondisi normal yang hanya sebesar 0,010 volt. Fenomena peningkatan amplitudo *peak* $6xf_0$ juga teramati pada level kavitasi 2,3, dan 4. Pada level kavitasi 2 amplitudo yang terpantau sebesar 0,028 volt lebih tinggi dari kondisi normal dan kavitasi level 1. Kavitasi level 3 juga memiliki amplitudo yang lebih tinggi pada $6xf_0$ dibandingkan dengan dua kondisi sebelumnya yaitu sebesar 0,051 volt. Level kavitasi yang semakin meningkat ternyata sejalan dengan peningkatan amplitudo pada $6xf_0$, seperti halnya pada kavitasi level 4 yang mengalami peningkatan amplitudo menjadi 0,056 volt. Peningkatan amplitudo yang terjadi diindikasikan berhubungan dengan komponen impeler pompa. Data dan informasi peningkatan amplitudo yang terjadi pada setiap kondisi dapat dilihat pada Gambar 4.26 dan Tabel 4.1.

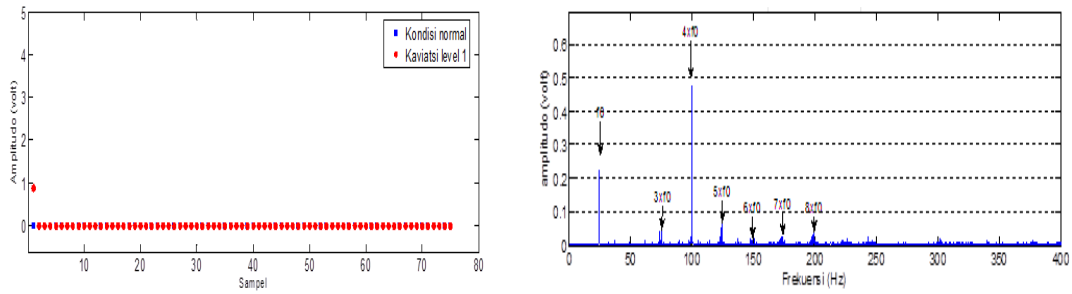


Gambar 4.26 Grafik perbandingan Amplitudo (volt) dengan frekuensi (Hz)

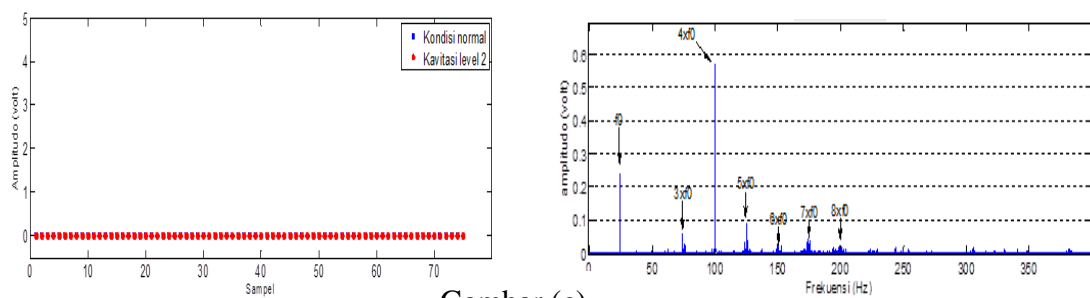
4.6 Analisa hasil antara domain waktu dan domain frekuensi

Setelah dilakukan analisa dengan domain waktu dan domain frekuensi didapatkan beberapa hasil berdasarkan informasi yang didapat. Domain waktu yang dianalisis dengan menggunakan parameter statistik seperti mean, kurtosis, RMS, varians, standar deviasi dan skewnees didapatkan beberapa hasil yang berbeda. Parameter statistik kurtosis dan skewness mendapatkan kesimpulan bahwa kedua parameter statistik tersebut tidak dapat mendeteksi fenomena kavitasi. Seperti pada Gambar 4.27 menunjukkan hasil pengamatan dari parameter statistik mean yang dibandingkan dengan plot domain frekuensi. Pada pengamatan dengan parameter statistik mean ternyata tidak berhasil untuk mendeteksi fenomena kavitasi dari kavitasi level 1 sampai kavitasi level 4. Tidak ditemukannya perubahan statistik pada analisa menyimpulkan parameter statistik ini tidak dapat digunakan dalam penelitian ini. Sedangkan dengan menggunakan domain frekuensi terjadi peningkatan amplitudo terpantau jelas terjadi pada kavitasi level 3. Peningkatan amplitudo pada kavitasi level 3 terjadi pada semua *peak* frekuensi yang dimiliki seperti pada $f_0, 3xf_0, 4xf_0$ dan $6xf_0$.

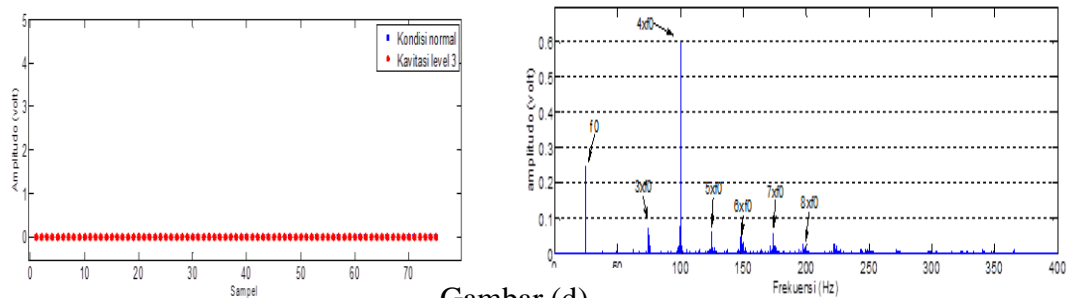
Gambar (a)



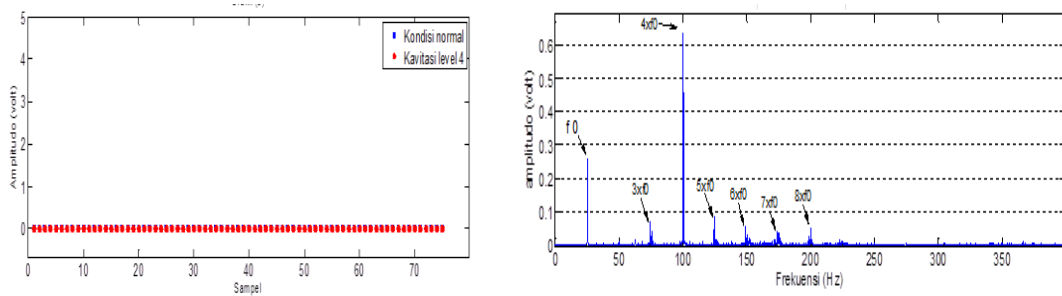
Gambar (b)



Gambar (c)



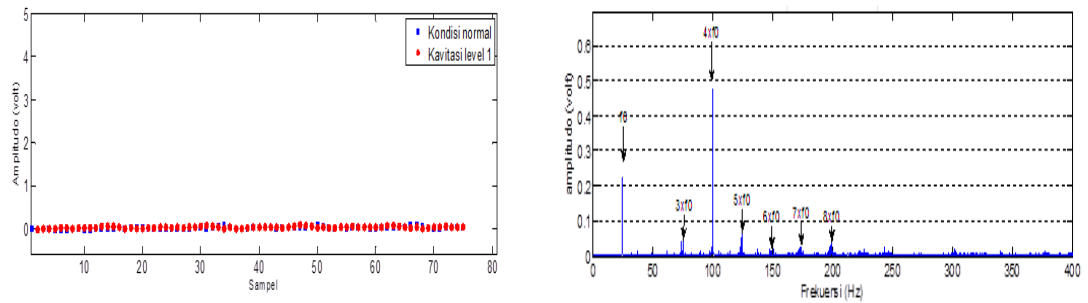
Gambar (d)



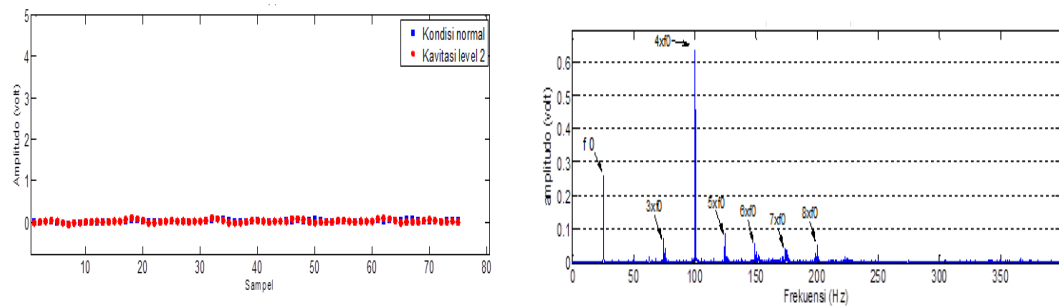
Gambar 4.27 Hasil analisa domain waktu (mean) dan domain frekuensi
 Gambar (a) Kavitasi level 1, Gambar (b) Kavitasi level 2, Gambar (c) Kavitasi
 level 3, Gambar (d) Kavitasi level 4

Kegagalan pendeteksian juga terjadi pada parameter statistik skewness. Hasil dari parameter statistik skewness tidak menunjukkan perubahan antara kondisi normal dan kondisi kavitasi. Hal tersebut menyimpulkan bahwa parameter statistik skewness juga tidak dapat digunakan untuk mendeteksi fenomena kavitasi. Gambar 4.28 menunjukkan hasil dari parameter statistik skewness dan dari domain frekuensi. Sedangkan pada domain frekuensi menunjukkan terjadi peningkatan amplitudo pada beberapa peak yang mengindikasikan terjadinya fenomena kavitasi seperti pada f_0 , $4xf_0$ dan $6xf_0$. Pendeteksian dengan domain frekuensi mulai dapat melihat fenomena kavitasi pada kavitasi level 3

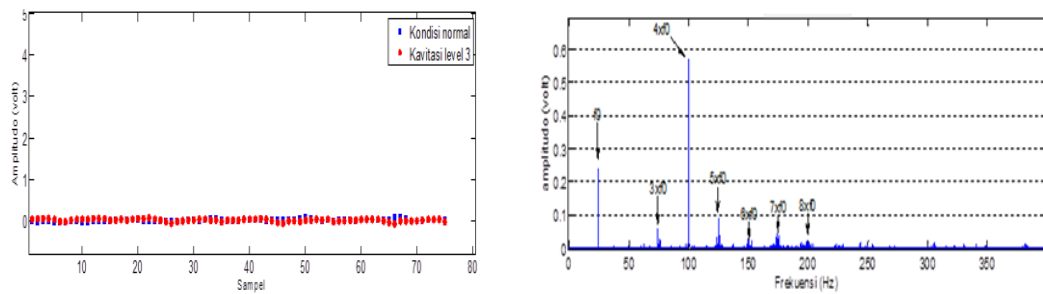
Gambar (a)



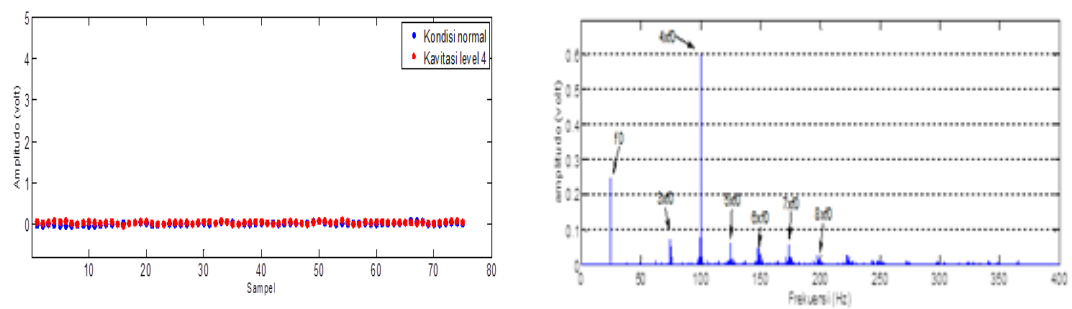
Gambar (b)



Gambar (c)



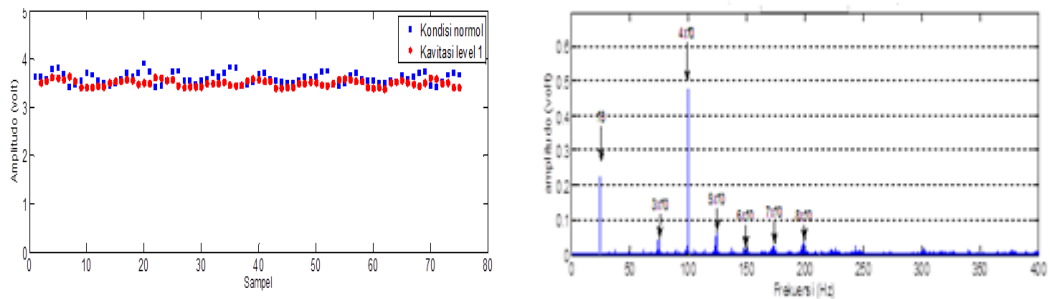
Gambar (d)



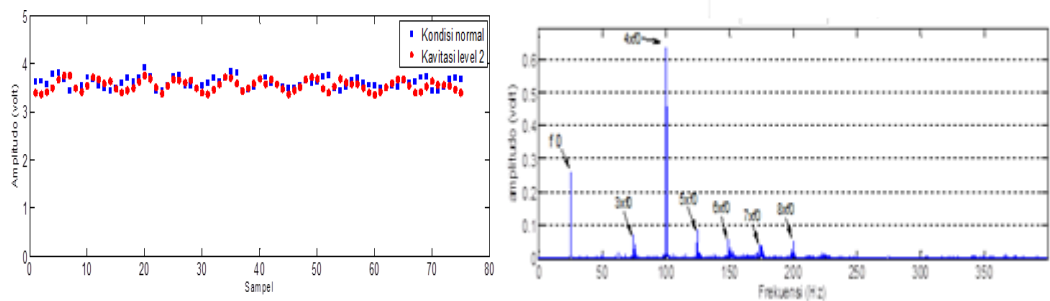
Gambar 4.28 Hasil analisa domain waktu (skewness) dan domain frekuensi
 Gambar (a) Kavitas level 1, Gambar (b) Kavitas level 2, Gambar (c) Kavitas level 3, Gambar (d) Kavitas level 4

Penggunaan parameter statistik kurtosis memiliki hasil yang berbeda dengan dua parameter statistik yang sudah dibahas sebelumnya. Parameter statistik kurtosis mengalami perubahan statistik pada kavitasi level 4. Hal tersebut menandakan bahwa kavitasi dapat dideteksi dengan parameter statistik kurtosis mulai pada kavitasi tingkat tinggi yaitu kavitasi level 4. Jika dibandingkan dengan analisis menggunakan domain frekuensi yang dapat mendeteksi fenomena kavitasi pada kavitasi level 3 analisis dengan parameter statistik kurtosis kurang efektif. Hasil plot dari domain waktu dengan parameter statistik kurtosis dan plot domain frekuensi dapat diamati pada Gambar 4.29.

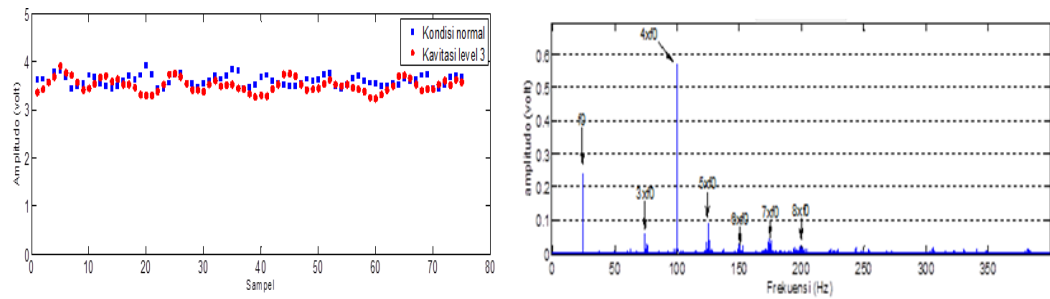
Gambar (a)



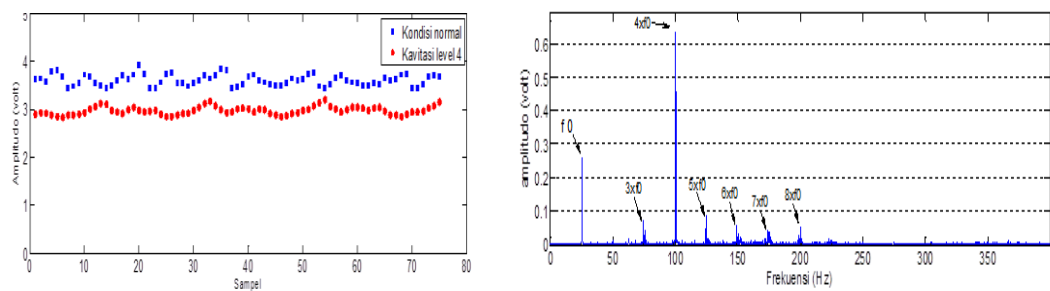
Gambar (b)



Gambar (c)



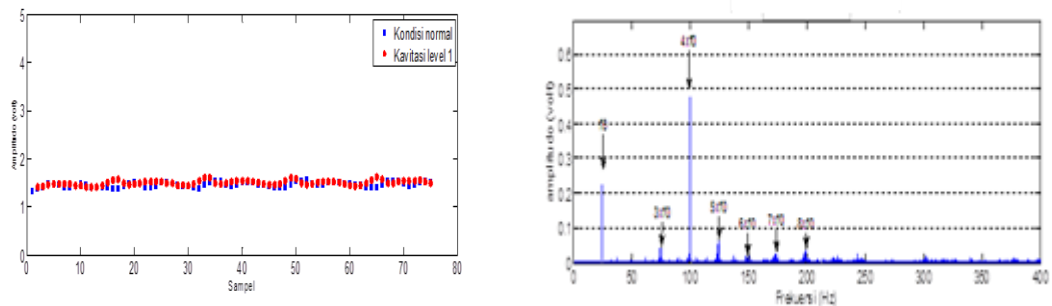
Gambar (d)



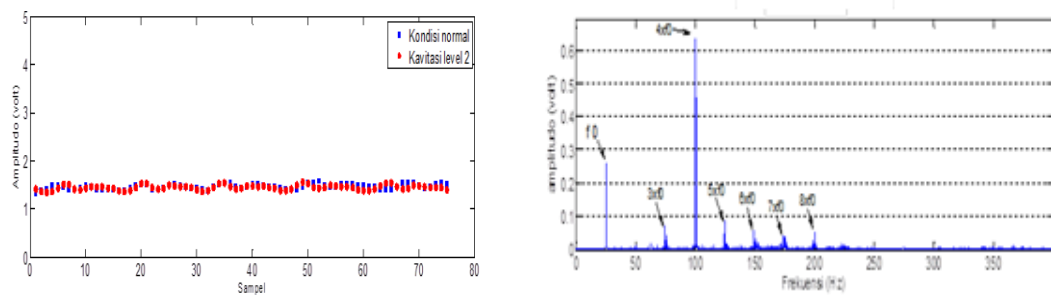
Gambar 4.29 Hasil analisa domain waktu (kurtosis) dan domain frekuensi
 Gambar (a) Kavitasi level 1, Gambar (b) Kavitasi level 2, Gambar (c) Kavitasi
 level 3, Gambar (d) Kavitasi level 4

Hasil yang berbeda juga didapat pada analisa parameter statistik RMS. Pada parameter RMS diperoleh hasil perubahan statistik mulai pada kavitasi level 3. Perubahan nilai statistik mengimplementasikan bahwa kavitasi sudah dapat dideteksi. Berbeda dengan parameter sebelumnya penggunaan parameter statistik RMS untuk mendeteksi fenomena kavitasi lebih sensitif dikarenakan sudah munculnya perubahan statistik pada kavitasi tingkat medium atau kavitasi level 3. Hasil yang didapat dengan menggunakan parameter statistik RMS berbanding lurus dengan analisa dengan domain frekuensi dimana pada penelitian ini deteksi kavitasi dengan domain frekuensi diindikasikan mulai terjadi juga pada kavitasi level 3. Hasil dari kedua analisa yaitu domain waktu dengan parameter statistik RMS dan domain frekuensi dapat dilihat pada Gambar 4.30.

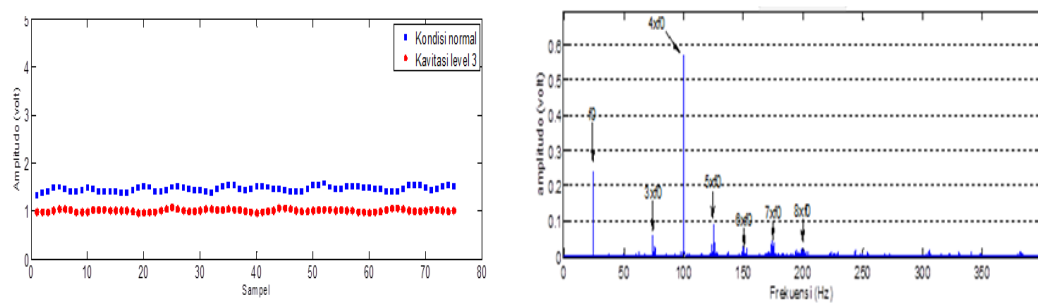
Gambar (a)



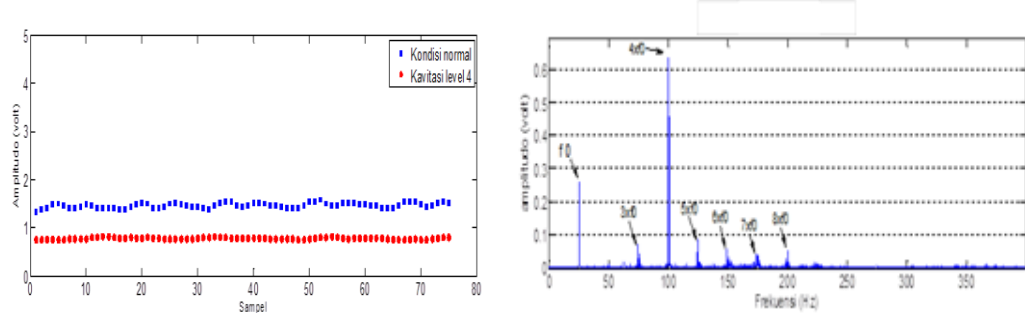
Gambar (b)



Gambar (c)



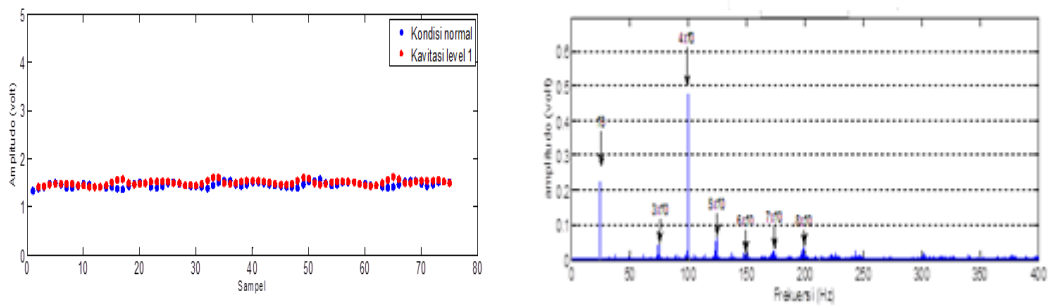
Gambar (d)



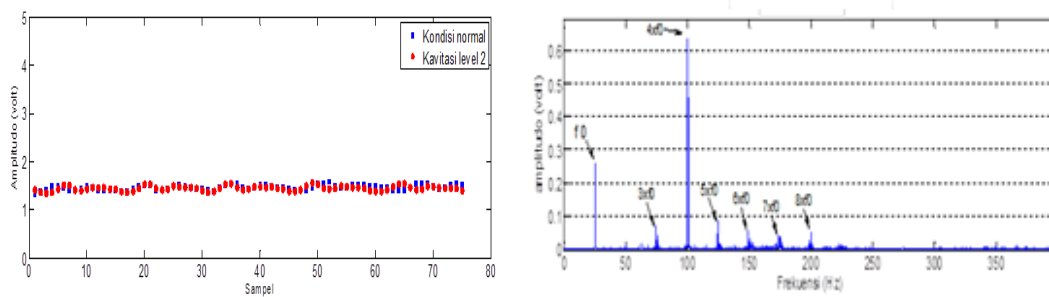
Gambar 4.30 Hasil analisa domain waktu (RMS) dan domain frekuensi Gambar (a) Kavitasi level 1, Gambar (b) Kavitasi level 2, Gambar (c) Kavitasi level 3, Gambar (d) Kavitasi level 4

Selanjutnya parameter statistik yang digunakan pada penelitian adalah standar deviasi. Hasil dari parameter statistik standar deviasi sama dengan parameter statistik standar deviasi yaitu perubahan nilai statistik mulai terjadi pada kavitasi level 3. Hal tersebut mengartikan bahwa kavitasi dapat dideteksi mulai dari kavitasi level 3. Parameter statistik standar deviasi menunjukkan bahwa dengan menggunakan parameter ini untuk mendeteksi kavitasi cukup sensitif. Maka dari hasil yang didapat dari analisa domain waktu ini berbanding lurus dengan apa yang dihasilkan dari analisis domain frekuensi yaitu kavitasi dapat dideteksi pada kavitasi level 3. Pada domain frekuensi kavitasi level 3 menunjukkan kenaikan amplitudo yang signifikan pada setiap *peak* yang dimiliki seperti pada *peak* f_0 , $4xf_0$ dan $6f_0$. Untuk mengetahui hasil dari analisa dengan domain waktu dan domain frekuensi dapat dilihat pada Gambar 4.31.

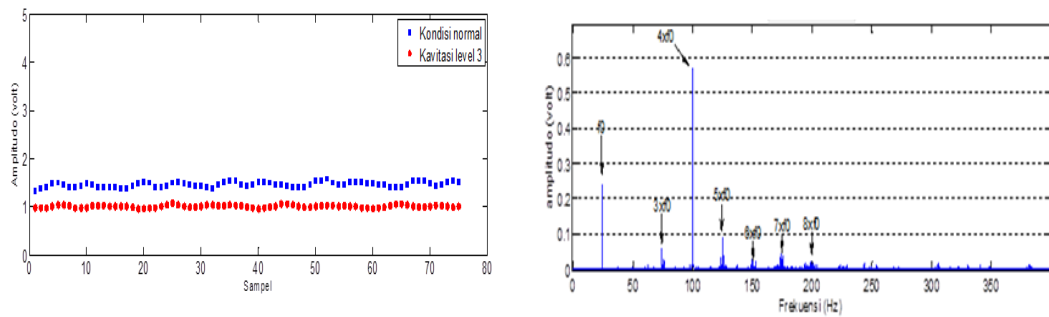
Gambar (a)



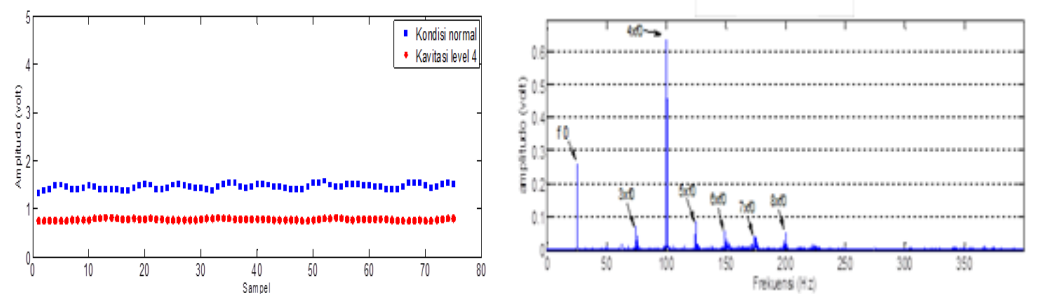
Gambar (b)



Gambar (c)



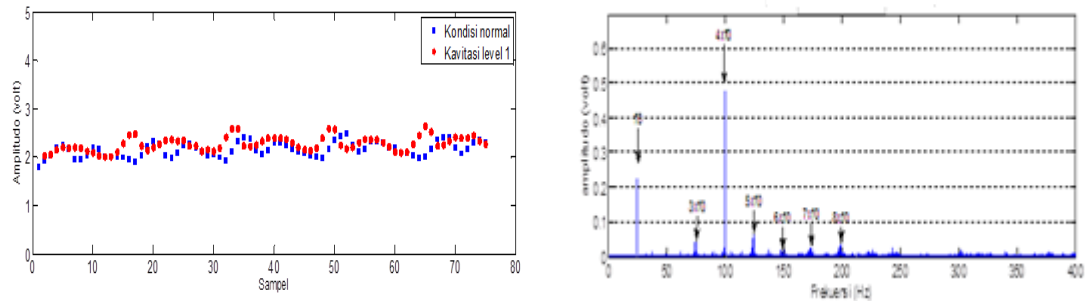
Gambar (d)



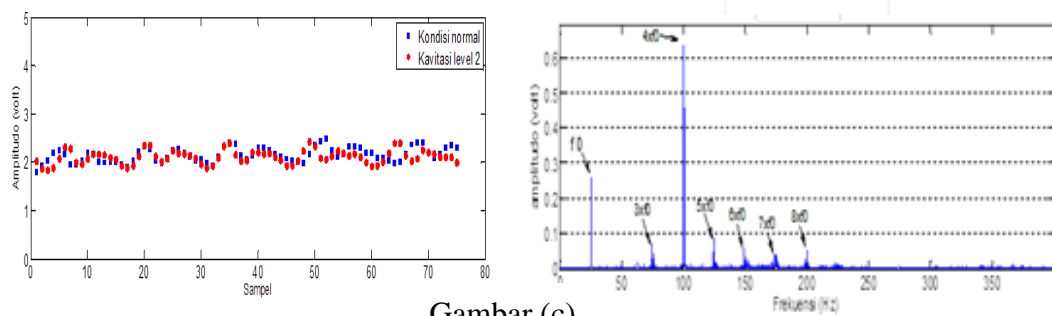
Gambar 4.31 Hasil analisa domain waktu (standar deviasi) dan domain frekuensi
 Gambar (a) Kavitas level 1, Gambar (b) Kavitas level 2, Gambar (c) Kavitas level 3, Gambar (d) Kavitas level 4

Parameter statistik yang terakhir adalah parameter statistik varians. Fenomena kavitasi dapat dideteksi pada kavitasi level 3 dengan menggunakan parameter statistik ini. Perubahan statistik yang terjadi sudah terlihat nyata pada kavitasi level 3 dengan analisis statistik ini. Kesimpulan dari penggunaan parameter ini adalah parameter statistik dapat digunakan untuk mendeteksi kavitasi pada kavitasi tingkat medium dan cukup efektif untuk mendeteksi kavitasi. Hasil tersebut juga sama dengan hasil yang didapat dengan analisa domain frekuensi yaitu pada domain frekuensi kavitasi level 3 sudah mengindikasikan terjadinya kavitasi berdasarkan kenaikan amplitudo yang terjadi pada *peak* frekuensi yang mengindikasikan kavitasi. Analisa menggunakan kedua metode tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.32.

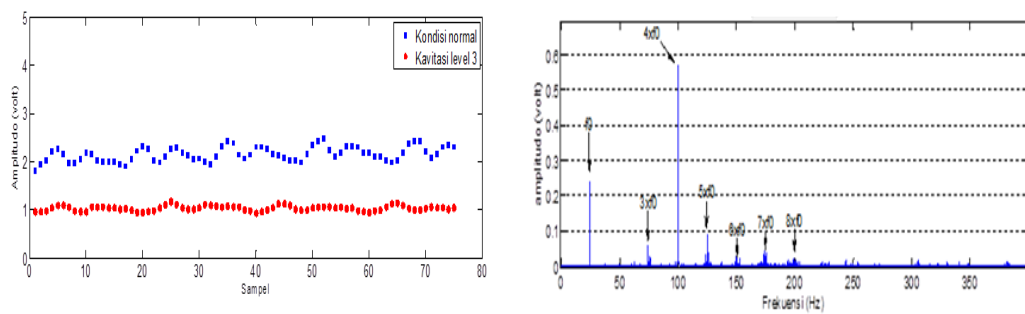
Gambar (a)



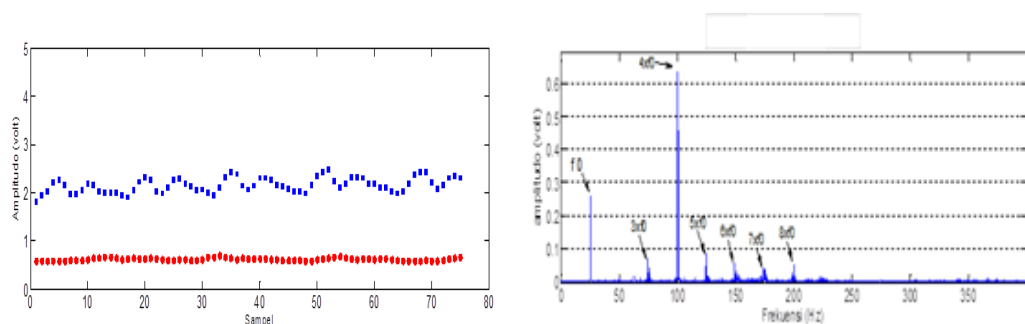
Gambar (b)



Gambar (c)



Gambar (d)



Gambar 4.32 Hasil analisa domain waktu (varians) dan domain frekuensi
 Gambar (a) Kavitasi level 1, Gambar (b) Kavitasi level 2, Gambar (c) Kavitasi level 3, Gambar (d) Kavitasi level 4