

METODE DETEKSI FENOMENA KAVITASI POMPA SENTRIFUGAL BERBASIS DOMAIN WAKTU DAN DOMAIN FREKUENSI SINYAL GETARAN

(Cavitation Detection on Centrifugal Pump Using Time and Frequency Domain of Vibration signal)

Berli Paripurna Kamiel, M. Sofyan Bagus Pratama

ABSTRACT

The cavitation is one of the declining performance causes of the centrifugal pumps. It is occurred due to there is pressure decreasing at suction side of the pump. It could prompt several mechanical faulty at centrifugal pump, such as at the impellers, shafts, bearings, and motors. The centrifugal pump itself is commonly used in Industries. The cavitation phenomenon could make disadvantageous if it is happened in industries as it is obstructed the production. Therefore, there is a method needed to observe when the phenomenon could be happened. The cavitation phenomenon detection by using vibration-signal of centrifugal pump method of is used in this research. The method used in this research by using comparing the conditions before and after cavitation happened by applied the valve cover of 1, 2, 3, and 4 variations; and recorded by using accelerometer time-domain and frequency-domain based by utilizing the vibration signal. The time-domain uses the statistic parameter, such as mean, RMS, standard deviation, variances, kurtosis, and skewness to support the observation. The data test obtained will be processed by using MATLAB program. The research result found that the cavitation happening could be observed by using time-domain at cavitaion condition level 3 is indicated with statistic value decreasing. Whereas, in frequency-domain, it could be observed at the cavitation condition level 3 is indicated by amplitude decreasing at several peak f_0 , $4x f_0$, $6x f_0$ and $8x f_0$.

Keywords: Cavitation, Centrifugal Pump, Time-Domain, Vibration Signal

PENDAHULUAN

Pompa adalah salah satu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain dengan menaikkan tekanan pada fluida yang di pindahkan tersebut (Halley, 2009). Pompa beroperasi dengan menggunakan perbedaan tekanan pada sisi hisap (*suction*) dan sisi tekan (*discharge*) (Sularso,1983). Perbedaan tekanan tersebut dihasilkan dari sebuah mekanisme berupa putaran impeler yang mengakibatkan keadaan sisi hisap nyaris vakum. Perbedaan inilah yang menghisap cairan sehingga dapat berpindah dari reservoir ke tempat lain.

Pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa yang banyak digunakan di dunia industri (Martianis,2013), maka untuk menunjang kegunaannya yang sangat luas diperlukan stabilitas dan performa yang sangat tinggi. Turunnya performa pada pompa sentrifugal secara tiba-tiba dalam keadaan beroperasi akan mengganggu kinerja didalam sistem keseluruhan. Turunnya performa dari pompa sentrifugal secara tiba-tiba dapat disebabkan oleh beberapa kerusakan antara lain kavitasi, *unbalanced*, *misalignment*, dan *cooked bearing* (Farandy dkk,2013). Munculnya fenomena kavitasi sendiri akan menyebabkan beberapa kerugian antara lain dapat berupa suara bising dan turunnya performa pada saat pompa beroperasi. Fenomena ini sangat mempengaruhi performa

mesin dan dapat merusak beberapa komponen mekanik penting pada pompa.

Kavitasi disebabkan karena adanya penurunan tekanan pada sisi hisap pompa hingga lebih rendah dari tekanan sisi penguapan sehingga membentuk sebuah gelembung-gelembung yang kemudian gelembung-gelembung akan pecah. Gelembung-gelembung ini terjadi karena mendidihnya air meski berada di temperatur kamar jika tekanan pada sisi hisap pompa cukup rendah atau berada di bawah tekanan uap jenuhnya (Sularso, 1983).

Banyak metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi fenomena kerusakan pada pompa sentrifugal antara lain dengan menggunakan *oil analysis*, *acoustic monitoring*, *pressure monitoring*, *electric current monitoring*, *temperature monitoring*, dan *vibration based monitoring* (Kamiel, 2015). *Vibration based monitoring* atau monitoring kondisi berbasis sinyal getaran adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan. Monitoring kondisi berbasis sinyal getaran memiliki kelebihan pada penerapan metodenya yaitu lebih mudah dan lebih ekonomis. Melalui sinyal getaran dapat diketahui karakteristik getaran yang terjadi pada pompa sentrifugal. Pada suatu pompa sentrifugal yang mengalami kerusakan pada komponennya akan mengakibatkan naiknya amplitudo pada domain waktu dan domain frekuensi tertentu. Pada domain waktu

digunakan parameter statistik untuk mengetahui lebih jelas perbedaan kenaikan amplitudo antara kondisi pompa normal dan kavitasi. Parameter inilah yang akan digunakan untuk mengetahui lebih dini fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal.

Kamiel dkk (2015) melakukan sebuah pengujian tentang deteksi kerusakan impeler pada pompa sentrifugal menggunakan domain waktu sinyal getaran. Pada pengujian ini juga digunakan variasi kerusakan pada impeler dan penempatan 4 buah accelerometer. Accelerometer ditempatkan di berbagai tempat seperti rumah pompa, *suction nozzle*, *bearing*, dan *discharge nozzle*. Parameter statistik digunakan pada pengujian ini adalah kurtosis, RMS, skewness, dan varian. Hasil yang diperoleh dari pengujian ini adalah dari semua peletakan accelerometer menunjukkan hasil bahwa kerusakan impeler dapat dideteksi yang ditandai dengan nilai-nilai yang melebihi batas normal. Hal lain juga menunjukkan hasil bahwa pengamatan kerusakan yang paling jelas didapatkan pada accelerometer yang diletakan pada rumah pompa.

Pradhan, dkk (2012) melakukan sebuah penelitian tentang metode deteksi kerusakan pada pompa sentrifugal berbasis vibrasi sinyal getaran. Metode ini dilakukan bukan untuk mencegah kegagalan tetapi dilakukan untuk memprediksi kegagalan yang akan terjadi pada waktu mendatang. Parameter yang digunakan pada metode ini adalah domain waktu dan domain frekuensi dengan menggunakan variasi kerusakan impeller pada pompa. Pada domain waktu digunakan parameter statistik RMS. Hasil penelitian diketahui bahwa level cacat pada impeler yang bertambah akan menghasilkan puncak amplitudo pada domain frekuensi sinyal getaran yang tinggi dan RMS sinyal getaran meningkat.

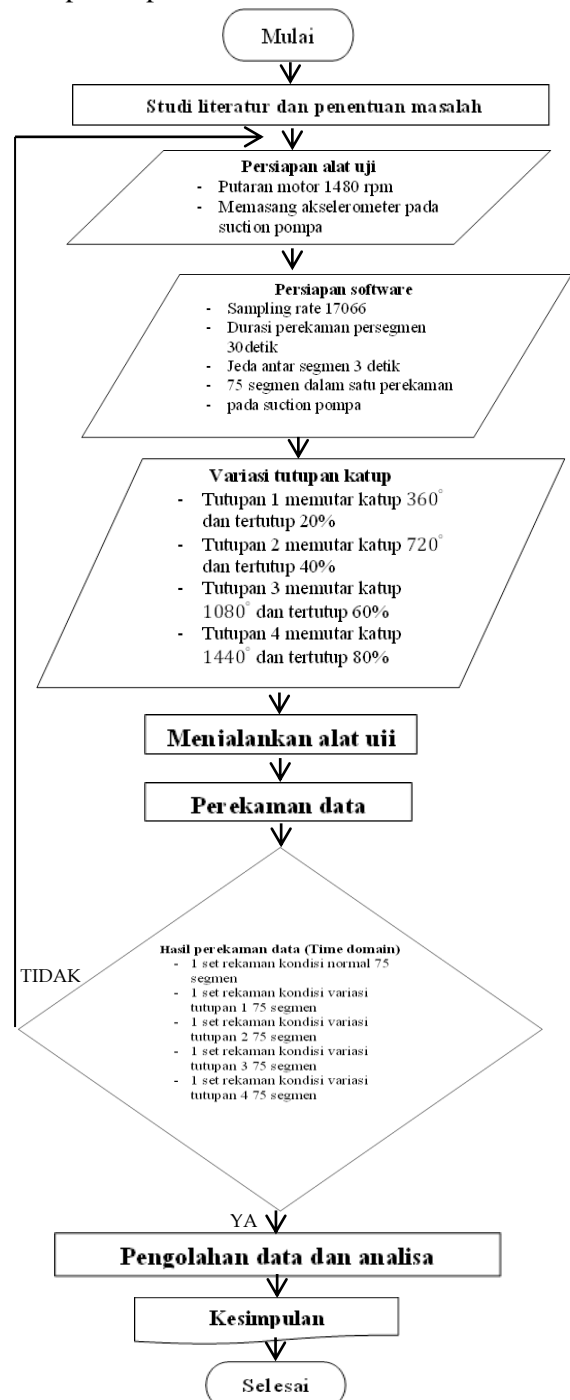
Wijianto, dkk (2010) melakukan penelitian pada pompa sentrifugal menggunakan sinyal getaran dengan variasi bukaan katup pada *suction* dan *discharge* pompa. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan pompa pada saat keadaan normal dan keadaan kavitasi. Hasil pengukuran sinyal getaran juga di bandingkan dengan nilai NPSHA. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa semakin tinggi putaran pompa akan mengakibatkan penurunan tekanan pada *suction* pompa dan berbanding lurus dengan intensitas kavitasi.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas bahwa metode deteksi kerusakan

menggunakan domain waktu atau domain frekuensi sinyal getaran menunjukkan hasil yang menjanjikan. Pada penelitian ini digunakan domain waktu dan domain frekuensi sinyal getaran yang dan digunakan akselerometer sebagai transdusernya. Parameter statistik Mean, RMS, kurtosis, varians, standar deviasi dan skewness digunakan pada domain waktu.

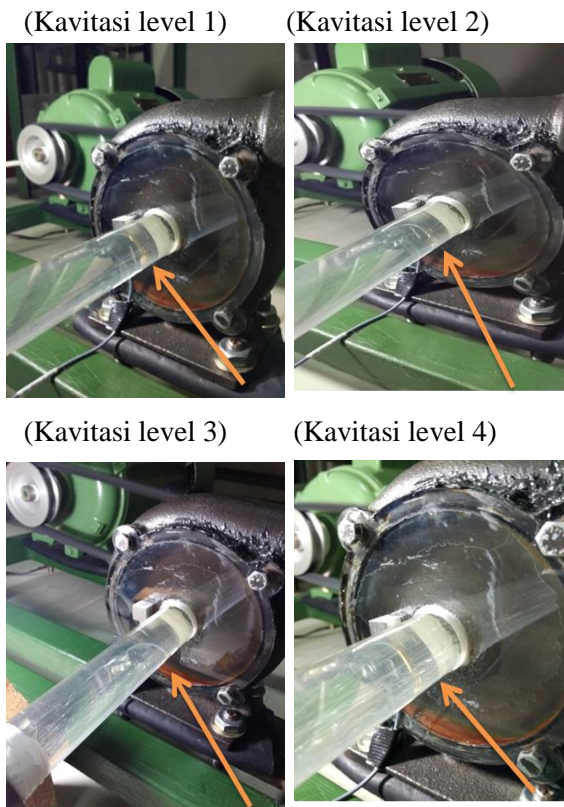
METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang akan dilakukan ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Pada penelitian ini digunakan variasiutupan katup yang berkorelasi dengan tingkat kavitasi. Tutupan katup 1 dengan katup tertutup sebesar 20% menghasilkan kavitasi level 1, tutupan katup 2 dengan katup tertutup sebesar 40% menghasilkan kavitasi level 2, tutupan katup 3 dengan katup tertutup sebesar 60% menghasilkan kavitasi level 3 dan tutupan katup 4 dengan katup tertutup sebesar 80% menghasilkan kavitasi level 4. Variasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

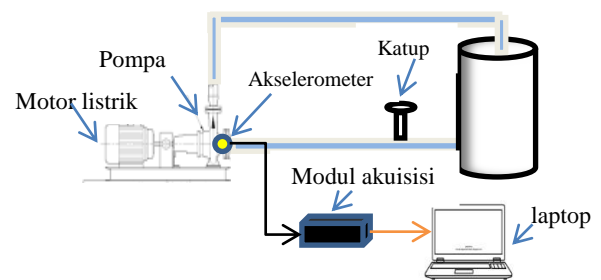


Gambar 2 Variasi level kavitasi

Alat

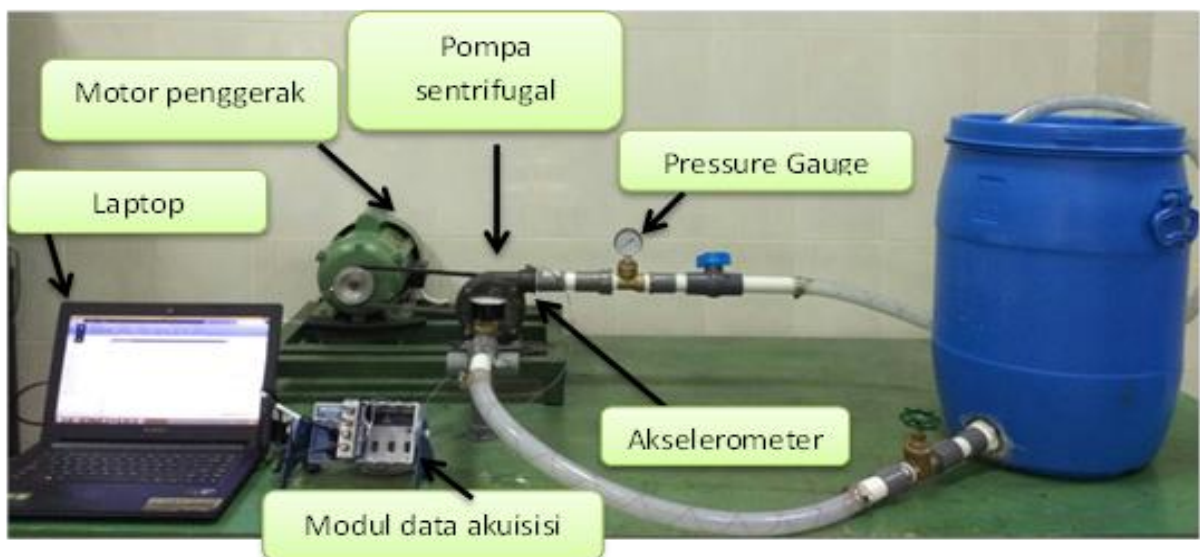
Rincian peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pompa sentrifugal dengan tipe SGP 1
2. Motor penggerak merk SEM tipe JY2A-4 (daya sebesar 1 HP)
3. Akselerometer merk bruel & Kjaer Tipe 4507 B
4. Modul data akuisisi merk National Instrumen Tipe 9234
5. Chassis merk National Instrument Tipe Ni cDAQ-9174.
6. Laptop Sony Vaio dilengkapi dengan software Matlab.



Gambar 3 Perekaman data

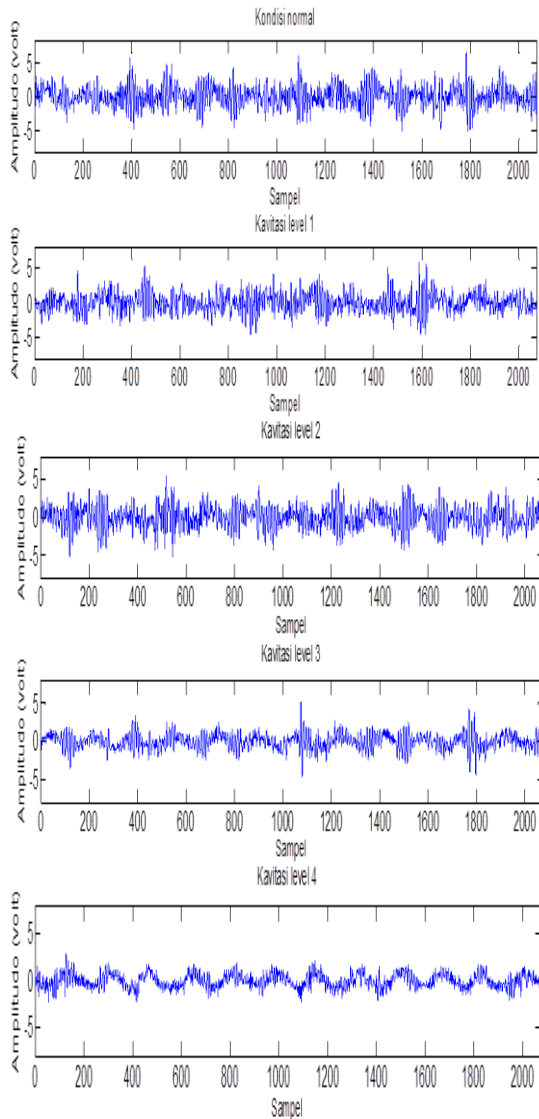
Proses perekaman data didapatkan dari simulator kavitasi yang dirangkai sedemikian rupa seperti dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 4 Simulator kavitasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perekaman sinyal getaran yang dilakukan didapatkan hasil awal berbentuk plot domain waktu seperti pada Gambar 5.

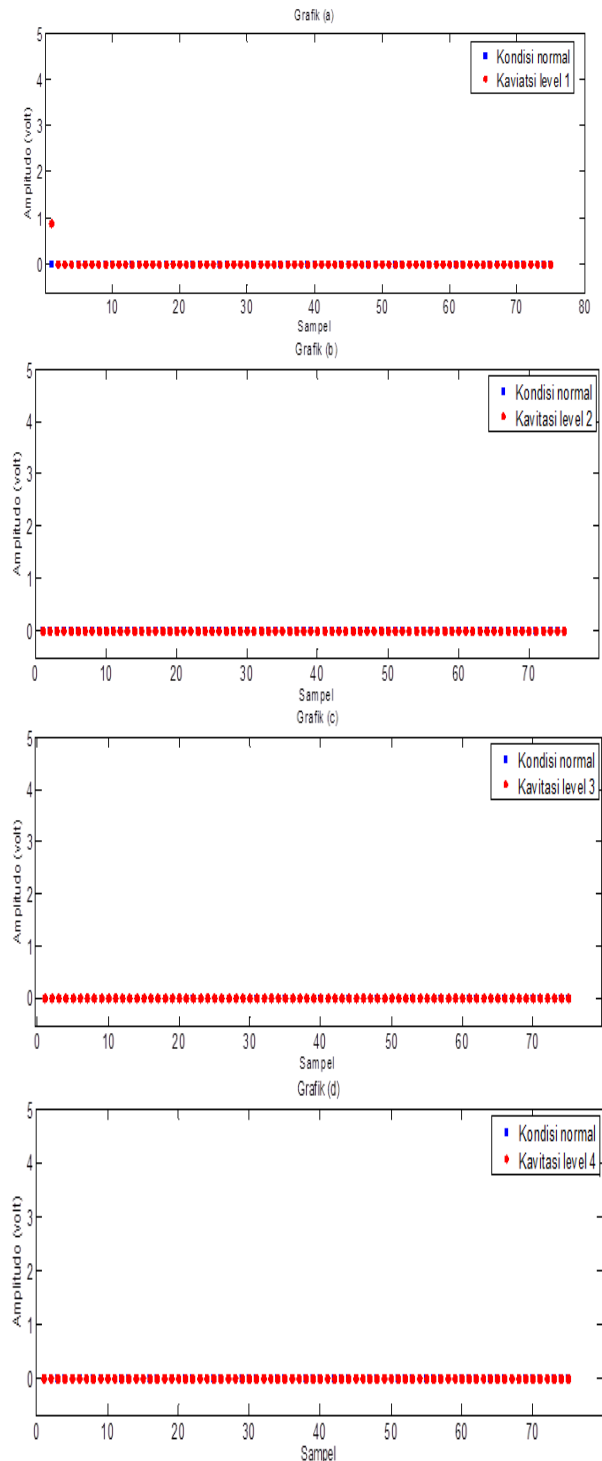


Gambar 5 Domain waktu

Berdasarkan dari hasil plot domain pada Gambar 5 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.

Analisa menggunakan parameter statistik (mean)

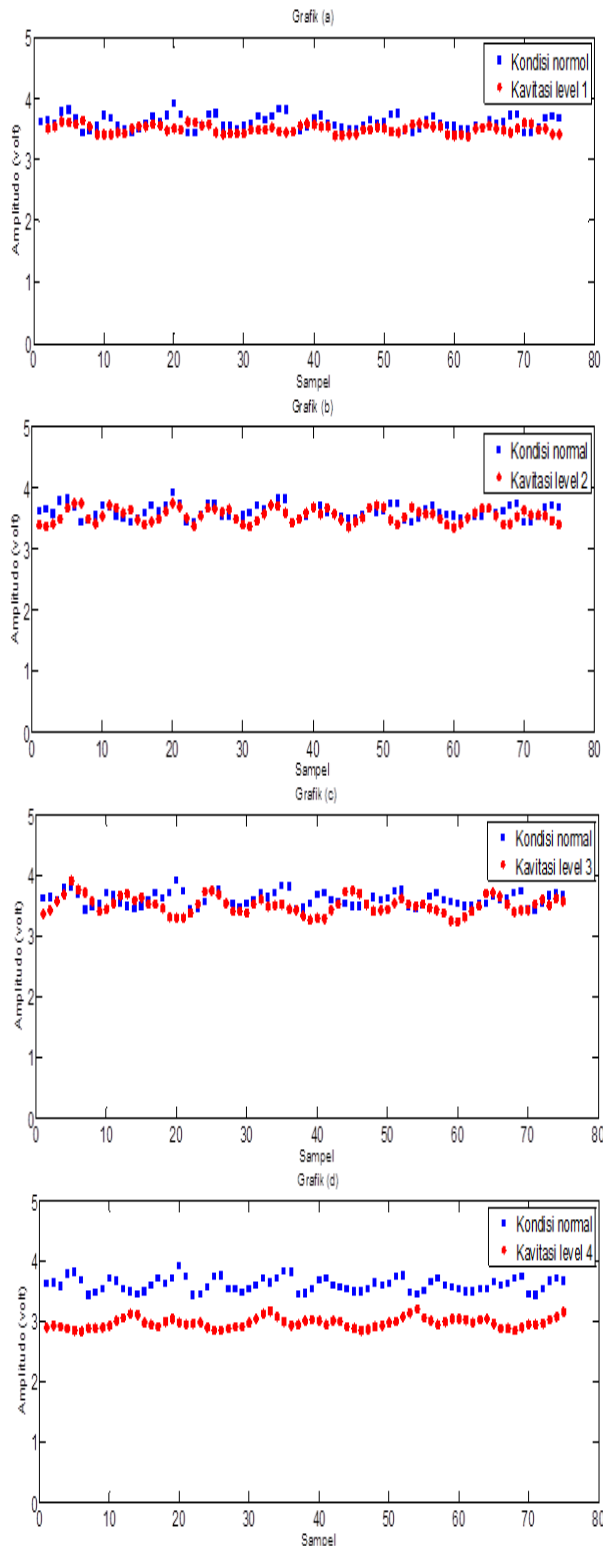
Parameter statistik mean digunakan untuk lebih lanjut menganalisa pada domain waktu dan mendapat hasil seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 parameter statistik 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.

Analisa menggunakan parameter statistik (kurtosis)

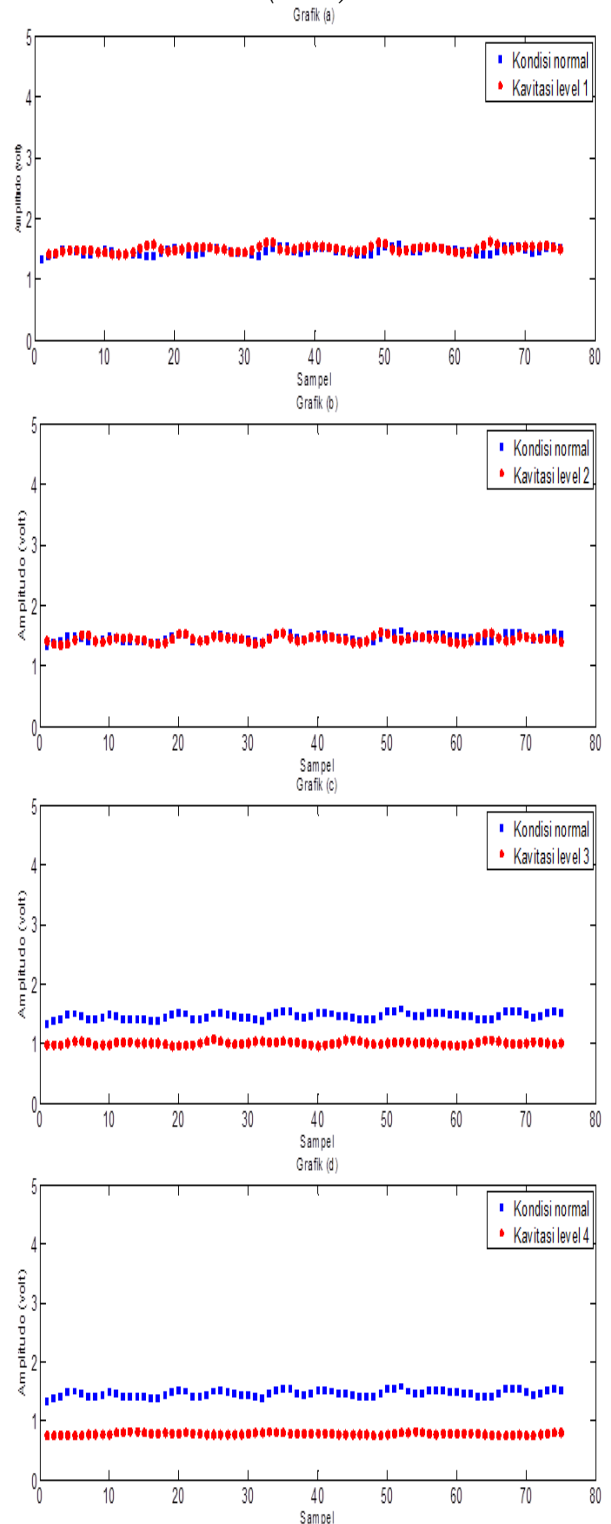


Gambar 7 parameter statistik kurtosis

Hasil analisis pada Gambar 7 dengan parameter statistik kurtosis diperoleh bahwa indikasi terjadinya fenomena kavitasi dapat dideteksi. Namun pendeteksian kavitasi baru dapat dilihat pada kavitasi level 4 dengan ditandai turunya nilai statistik, hal ini berarti

deteksi kavitasi dengan statistik kurtosis dapat dilakukan namun kurang responsif.

Analisa menggunakan parameter statistik (RMS)

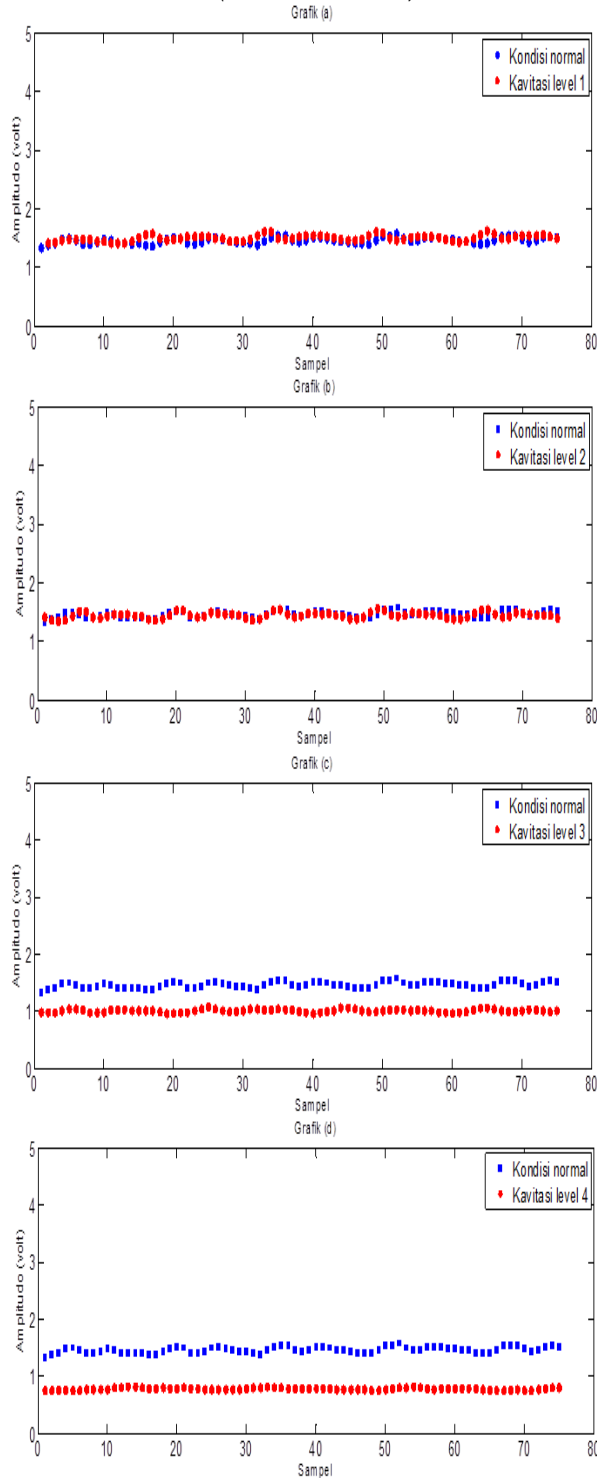


Gambar 8 parameter statistik RMS

Setelah dilakukanya perbandingan pada Gambar 8 didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan parameter statistik RMS terjadi perubahan statistik yang mengindikasikan kavitasi mulai terdeteksi pada kavitasi level 3

dengan menurunnya nilai statistik. Hasil analisa tersebut mengartikan bahwa parameter statistik RMS pada penelitian ini ternyata dapat digunakan untuk deteksi kavitasi.

Analisa menggunakan parameter statistik (Standar deviasi)

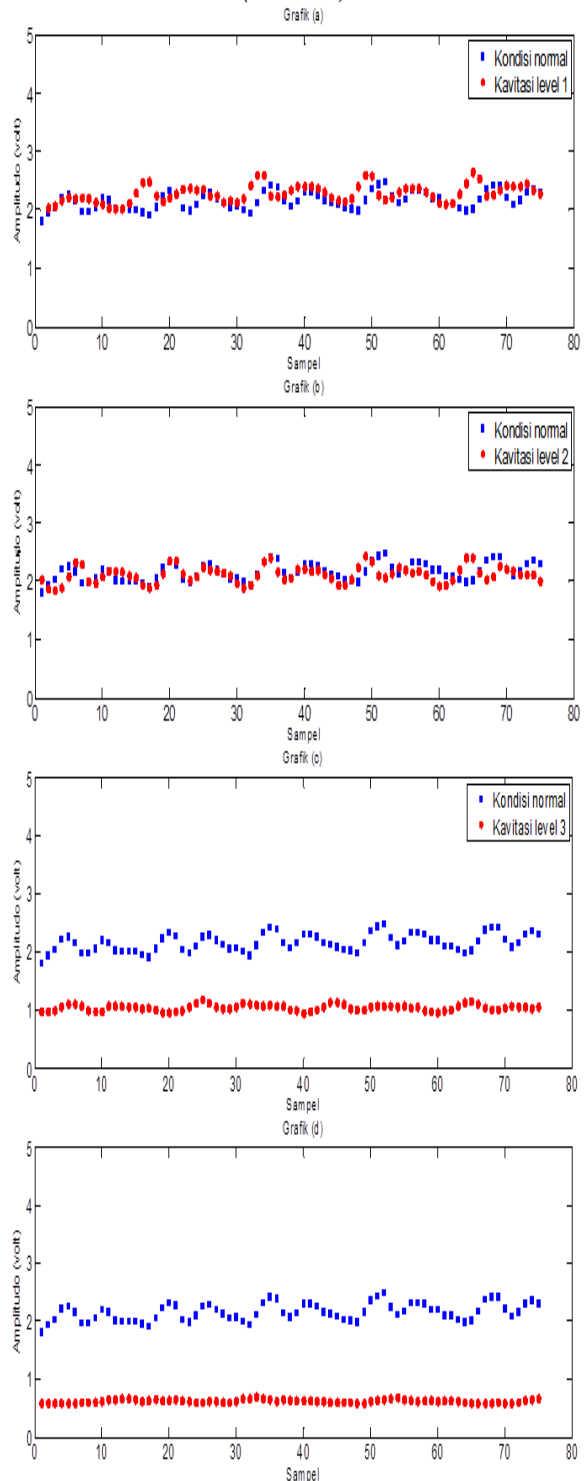


Gambar 9 Parameter statistik Standar deviasi

Hasil yang didapatkan setelah melakukan analisa perbandingan pada Gambar 9 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 dengan ditandai menurunnya nilai statistik

Analisa menggunakan parameter statistik (varians)

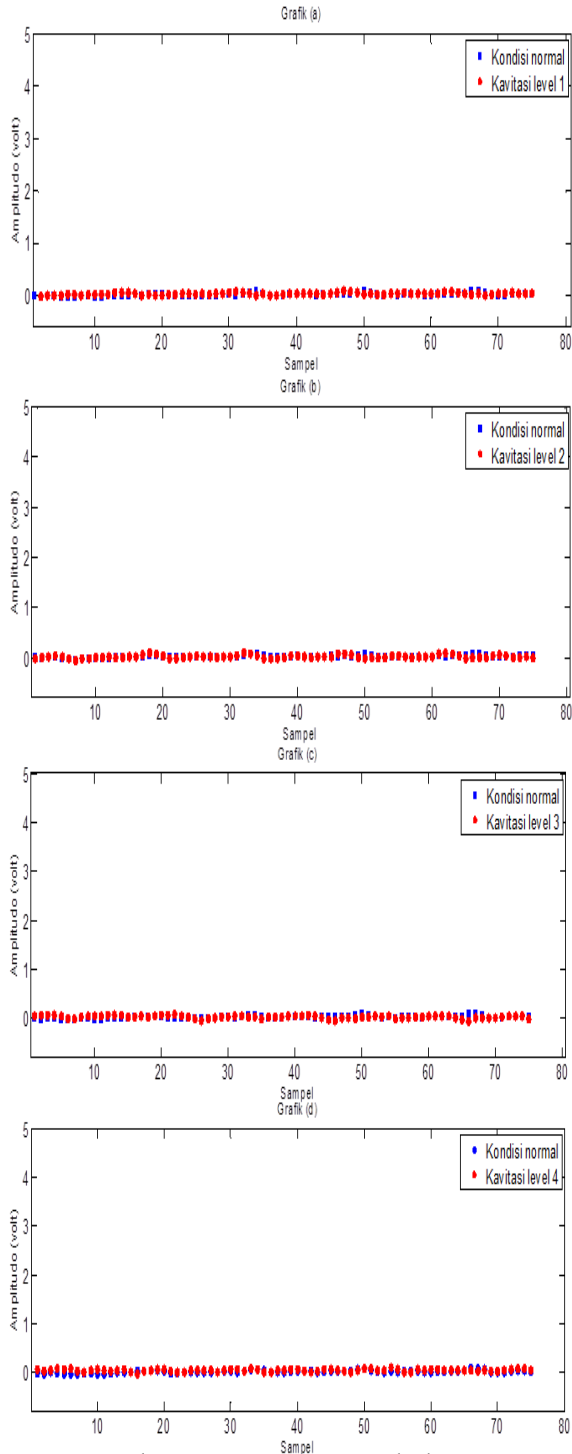


Gambar 10 parameter statistik varians

Dari hasil analisa menggunakan parameter statistik varians pada Gambar 10 didapatkan hasil bahwa pada kondisi kavitasi level 3 mulai

menunjukkan perubahan statistik dimana itu mengindikasikan kavitasi terjadi dengan ditandai penurunan nilai statistik. 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.

Analisa menggunakan parameter statistik (skewness)

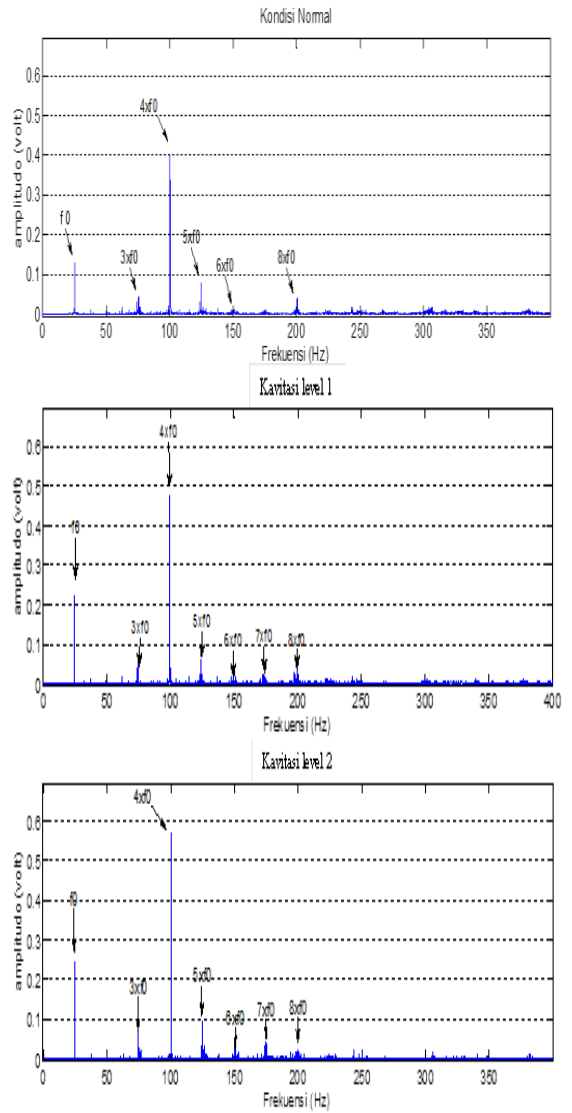


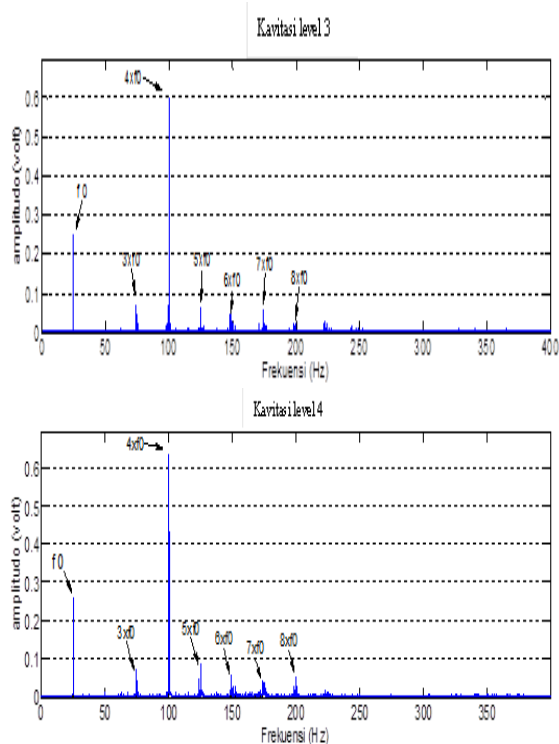
Gambar 11 parameter statistik skewness

Analisa yang telah dilakukan dengan menggunakan parameter statistik skewness pada Gambar 14 didapatkan hasil bahwa kavitasi tidak dapat terdeteksi dengan parameter ini. Perubahan statistik tidak terjadi pada kavitasi level rendah hingga kavitasi level tinggi. Hal tersebut menyimpulkan parameter statistik skewness ini tidak dapat digunakan untuk mendeteksi fenomena kavitasi.

Analisa domain frekuensi

Hasil transformasi fft dari domain waktu menjadi bentuk domain frekuensi dimana didalamnya mempunyai informasi tentang kondisi setiap komponen pada pompa sentrifugal yang ditunjukkan adanya *peak*. Hasil plot domain frekuensi dapat dilihat pada Gambar 12.





Gambar 12 Plot domain frkuensi

Pada penelitian ini dengan menggunakan analisa domain frekuensi didapatkan beberapa hal yang dapat dibahas. Peningkatan yang terjadi pada f_0 dialami disetiap 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 Beebe (2004). 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.

SIMPULAN

1. Karakteristik domain frekuensi pada pompa kondisi normal memperlihatkan perbedaan dengan pompa kondisi kavitasi. Perbedaan karakteristik domain frekuensi pada pompa kondisi kavitasi memiliki nilai amplitudo yang lebih besar dibandingkan dengan pompa kondisi normal. Sedangkan Karakteristik domain waktu antara pompa kondisi normal dan pompa kondisi kavitasi memperlihatkan perbedaan pada beberapa parameter statistik yaitu kurtosis, RMS, standar deviasi dan varians. Sedangkan pada parameter statistik means dan skewness tidak mengalami perbedaan.
2. Peningkatan amplitudo pada frekuensi fundamental dan harmoniknya ($f_0, 4xf_0, 6xf_0$) mengindikasikan bahwa adanya kavitasi pada pompa sentrifugal. Sedangkan pada domain waktu penurunan nilai statistik pada domain waktu mengindikasikan bahwa adanya fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal.
3. Metode analisa dengan sinyal getaran berbasis domain waktu dan domain frekuensi yang digunakan dinilai dapat mendeteksi fenomena kavitasi. Metode analisa dapat mendeteksi kavitasi dengan bantuan mekanisme tutupan katup pada kavitasi tingkat menengah (medium) atau kavitasi level 3, namun belum dapat digunakan dengan akurat pada kondisi kavitasi tingkat rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Beebe, R. S., 2004. *“Predictive Maintenance of Pumps Using Condition Monitoring”*. Publisher: Elsevier Science & Technology Books
- Farandy, A., Muhammad N., Y., 2013. *“Analisa Kerusakan Centrifugal Pump P951E di PT. Petrokimia Gresik”*. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November.
- Halley, M., 2009. *“Studi eksperimental deteksi fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal dengan menggunakan parameter sinyal getaran dan perubahan temperatur”*. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Kamiel, B. P., 2015. *“Vibration-Based Multi-Fault Diagnosis for Centrifugal Pumps”*. Curtin university.
- Martianis. E, 2013. *“Analisa Getaran pada pompa sentrifugal tebal 7,5 mm dan lebar 145 mm”*. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis. *Modulated Signals Based on Improved Energy Separation by Iterative*
- Sularso dan Haruo Tahara, 1983. *“Pompa dan kompresor”*. Jakarta. Pradnya paramita.
- Wijianto dan Marwan Efendy. 2010. *“Aplikasi response getaran untuk menganalisis fenomena kavitasi pada instalasi pompa sentrifugal”*. Universitas Muhammadiyah Surakarta
-

Penulis

Berli Paripurna Kamiel

Program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
JL. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan,
Bantul, Yogyakarta, 55183
Email : berlikamiel@gmail.com

M. Sofyan Bagus Pratama

Program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
JL. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan,
Bantul, Yogyakarta, 55183
Email : sofyanpratama13@gmail.com