

METODE DETEKSI KERUSAKAN IMPELLER PADA POMPA SENTRIFUGAL BERBASIS DOMAIN FREKUENSI SINYAL GETARAN

(Impeller fault method on centrifugal pump based frequency domain of vibration signal)

Berli Paripurna Kamiel, Zabir Agusti Maulana

ABSTRACT

The centrifugal pump is a tool which used to drain the fluid from a place to another place by using an impeller. The impeller is the main part of the centrifugal pump. The impeller damage is a damage which often happened at the centrifugal pump. A vibration signal-based condition monitoring is one of the commonly damage detecting methods which is used and investigated for the impeller of the centrifugal pump damage.

The vibration signal-based by using domain-based frequency damage detecting method is used in this research. There are various impeller damage levels are tested in this research, such as the damage type level I, II, III, IV, V, VI and VII which are increasingly severe.

The research result shows that the impeller of the centrifugal pump damage encounters the increasingly amplitude value of impeller frequency at each its damage level. The vibration signal analysis which is developed shows that the more severe (further) damage to the impeller, the increase of impeller frequency amplitude (f_i) will be greater.

Keywords: The Centrifugal Pump, Impeller, Vibration Signal

PENDAHULUAN

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari satu permukaan ke permukaan lain. Pompa beroperasi dengan cara memberikan perbedaan tekanan antara saluran isap (suction) dan saluran buang (discharge) (Rohman, 2015). Terdapat berbagai jenis pompa dalam kehidupan sehari-hari salah satunya adalah pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal merupakan alat untuk mengalirkan fluida dengan menggunakan sebuah impeler. Adapun impeler merupakan komponen pompa sentrifugal yang berfungsi mengangkat zat cair (fluida) dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi (Sularso, 1996). Terdapat beberapa kerusakan yang mungkin terjadi pada pompa diantaranya kerusakan impeler, kerusakan bearing, dan kerusakan pada shaft. Namun, kerusakan yang sering terjadi adalah pada impeler pompa (Nugroho, 2009).

Impeler yang terdapat pada pompa sentrifugal memiliki peranan penting yang akan berkaitan langsung dengan kinerja pompa sentrifugal. Jika impeler mengalami kerusakan maka akan berdampak terhadap penurunan kinerja pompa atau dapat berdampak pada kerusakan komponen yang lain (Ari dkk, 2013). Kerusakan-kerusakan pada impeler biasanya terjadi karena adanya fenomena kavitasi (Wijanto dkk, 2010).

Beberapa metode yang digunakan untuk mengetahui terjadinya kerusakan pada pompa

sentrifugal antara lain *electric current, acoustic emission, noise, temperature, pressure, vibration dan oil analysis data* (Kamiel, 2015). Dari metode-metode tersebut vibration analysis memiliki keunggulan pada biaya yang lebih murah dan tanpa perlu membongkar bagian komponen pompa sentrifugal saat pelaksanaannya (Ari, 2013).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa domain frekuensi (spectrum) dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada komponen-komponen mesin yang berputar seperti yang diuraikan pada paragraph berikut.

Ari et al (2013). Menggunakan metode analisa sinyal getaran untuk mendeteksi kerusakan impeler pompa sentrifugal. metode ini menggunakan impeler dengan kondisi baik dan impeler dengan kondisi yang sengaja dirusak, yaitu kerusakan pada ujung sudu impeler dan kerusakan pecah pada salah satu sudunya. Sinyal getaran impeler dalam kondisi baik kemudian dibandingkan dengan sinyal getaran impeler kondisi rusak. Sinyal getaran diambil pada putaran impeler 1500 rpm. Peningkatan amplitudo frekuensi sudah dapat terjadi pada putaran 1500 rpm yang terlihat jelas dan signifikan. Hasilnya peningkatan amplitudo frekuensi pompa sentrifugal mengindikasikan bahwa impeler dalam keadaan rusak. Kerusakan pada impeler pompa sentrifugal diakibatkan adanya peningkatan pada massa *unbalance* impeler.

Astriyanto dkk (2013). Melakukan penelitian tentang aplikasi respon getaran untuk fenomena kavitasi dengan menggunakan variasi kerusakan impeler. Penelitian ini dilakukan menggunakan impeler dengan level kerusakan yang berbeda-beda. Dengan kerusakan impeler variasi I, variasi II, variasi III, dan variasi IV yang berturut-turut semakin besar level kerusakannya. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur getaran dan saluran isap pada pompa. Pada penelitian ini amplitude frekuensi menunjukkan kenaikan pada kerusakan variasi I hingga variasi IV. Namun, kavitasi yang diinginkan tidak terpenuhi dikarenakan tekanan pada sisi isap masih lebih besar dengan tekanan uap jenuhnya.

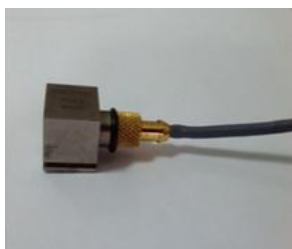
Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut untuk mengetahui kerusakan pada impeler pompa sentrifugal menggunakan analisa sinyal getaran yang lebih akurat dan efisien. Hal tersebut dipandang menarik oleh penulis untuk melakukan penelitian kembali terhadap kerusakan impeler pada pompa sentrifugal berbasis domain frekuensi sinyal getaran.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan dengan rincian alat dan bahan sebagai berikut :

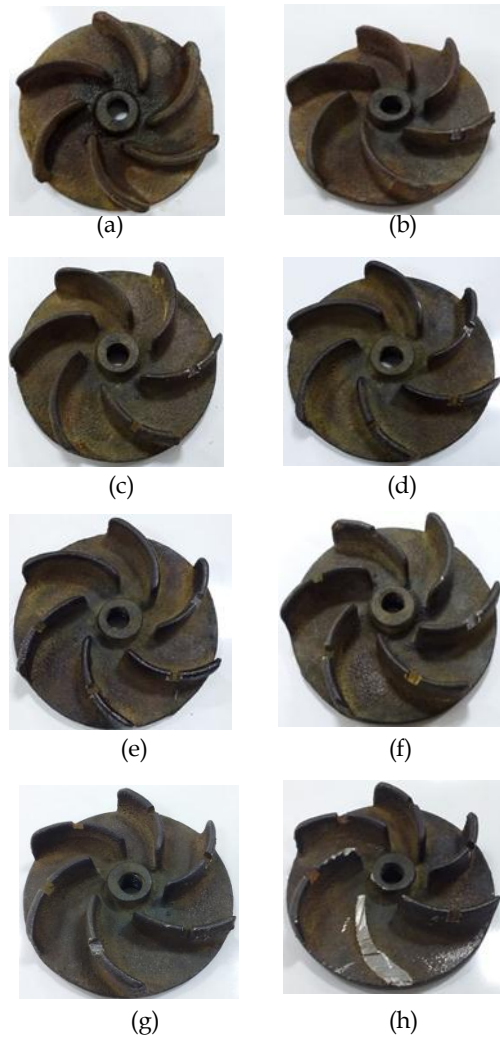
1. Motor listrik 1 HP dengan kecepatan 1484 RPM)
2. Pompa sentrifugal.
3. Impeler pompa sentrifugal (memiliki 6 sudu blade)
4. Sensor accelerometer Tipe 4507 B Brüel & Kjaer
5. Modul & chassis data akuisisi NI cDAQ-9174.
6. Laptop dengan software MATLAB.



Gambar 1. Sensor accelerometer



Gambar 2. Modul & chassis data akuisisi NI cDAQ-9174.

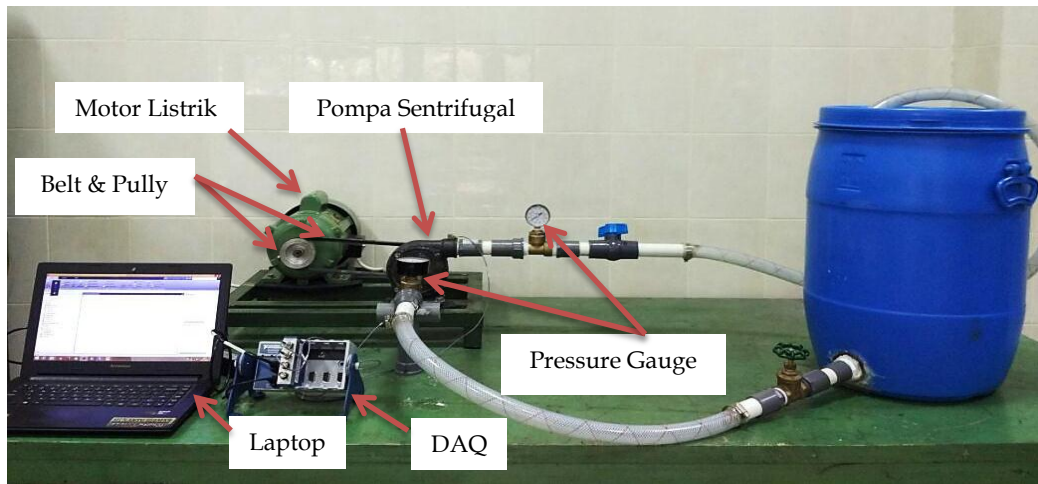


Gambar 3. (a). impeler kondisi normal. (b). impeler kondisi rusak tipe I. (c). impeler rusak tipe II. (d). impeler rusak tipe III. (e). Impeler kondisi rusak tipe IV. (f). impeler rusak tipe V. (g). impeler rusak tipe VI. (h). impeler rusak tipe VII.

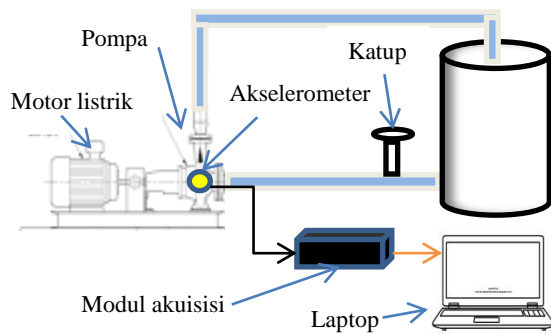
Pada simulator kerusakan impeler pompa sentrifugal digerakkan oleh motor listrik AC dihubungkan oleh sebuah *belt* dan *pully* dengan perbandingan 1:1 dengan kecepatan motor sekitar 1400 rpm. Pada sisi hisap dan sisi keluar pompa sentrifugal terpasang sebuah *pressure gauge* yang mengukur setiap sisi. Terdapat dua sensor *accelerometer* yang terletak pada masing-masing sisi hisap dan sisi keluar yang akan merekam sinyal getaran pada

pompa sentrifugal. Dengan ini, sinyal getaran akan terbaca oleh perangkat data akuisisi yang

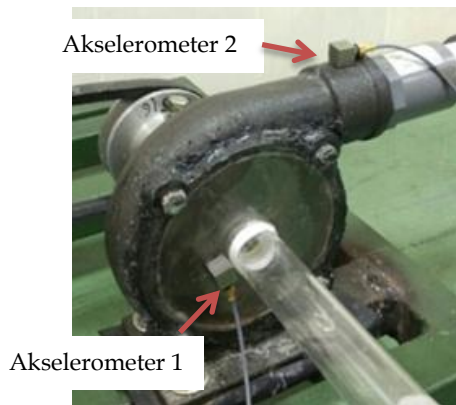
terhubung pada sebuah computer terlihat pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4. Simulator Kerusakan Impeler



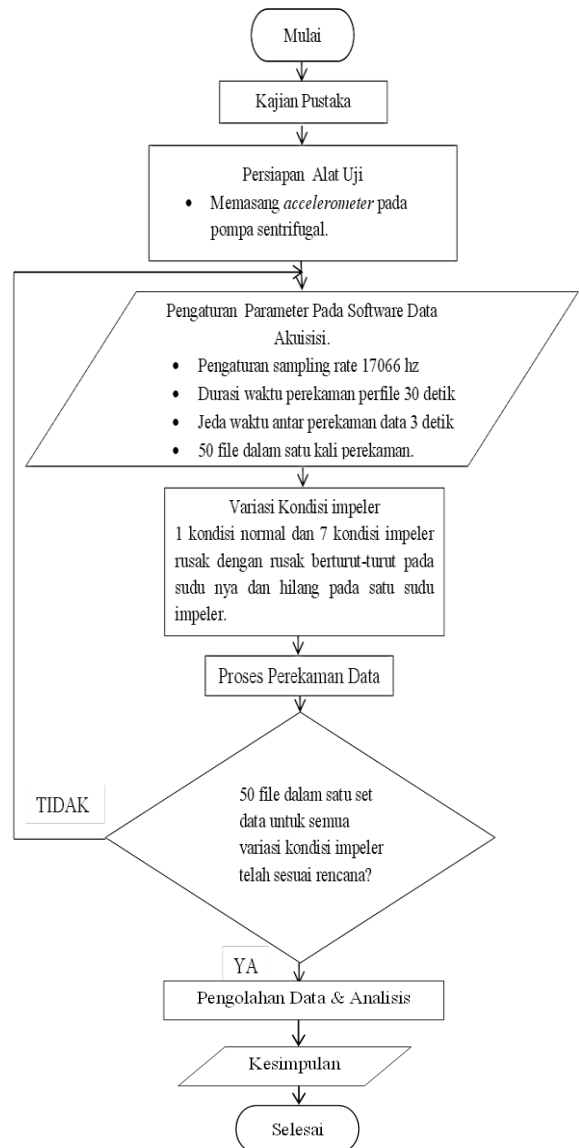
Gambar 5. Skema Perekaman



Gambar 6. Detail Peletakan Sensor Accelerometer

Proses Data Akuisisi

Metode yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan impeler pada pompa sentrifugal dengan merekam data dari alat simulator yang telah dirancang. Data yang akan direkam untuk beberapa kondisi yaitu kondisi impeler normal dan kondisi impeler rusak.



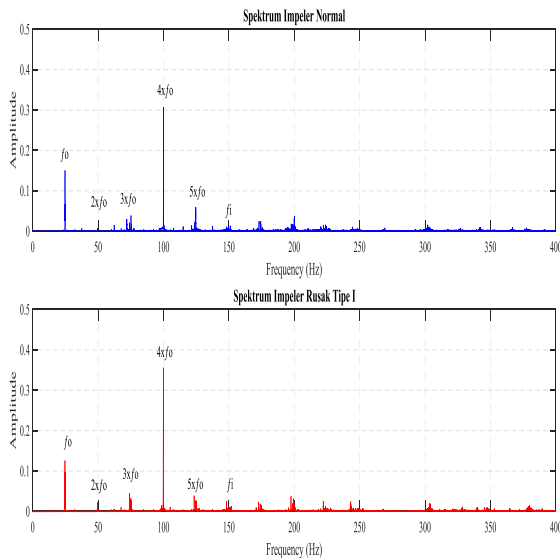
Gambar 7. Alur penelitian

Terdapat 7 kondisi impeler rusak yaitu impeler rusak dengan tipe I, impeler rusak tipe II, impeler rusak tipe III, impeler rusak tipe IV, impeler rusak tipe V, impeler rusak tipe VI, impeler rusak tipe VI dan impeler dalam kondisi normal yang akan direkam pada accelerometer 1 & 2. Setelah data terekam pada accelerometer akan terbaca pada komputer dengan program software MATLAB. Software MATLAB akan membaca data dalam bentuk sinyal getaran domain waktu dapat dilihat skema akuisisi data pada gambar 7.

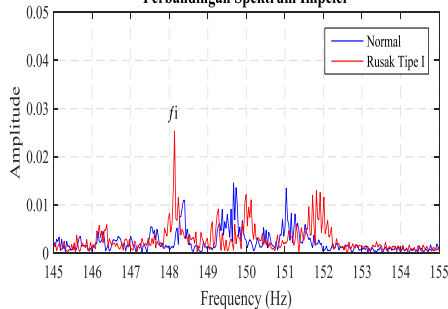
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini analisa yang dilakukan dengan cara membandingkan sinyal frekuensi impeler kondisi normal dengan sinyal frekuensi impeler dalam kondisi rusak. sinyal frekuensi impeler kondisi normal akan menjadi acuan sebagai perbandingan untuk sinyal frekuensi impeler kondisi rusak.

Perbandingan Data Normal & Rusak.

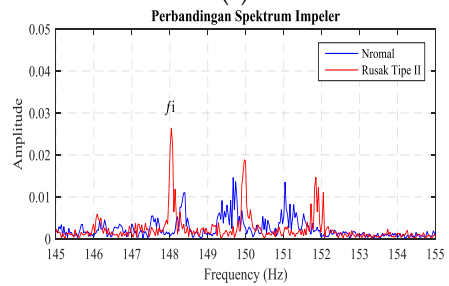
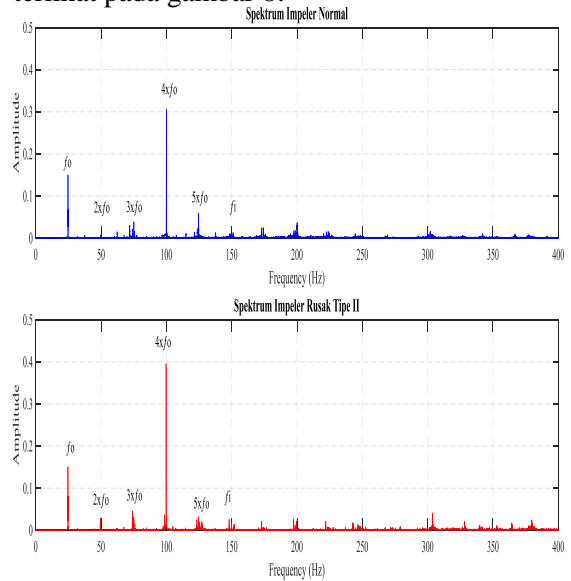


Perbandingan Spektrum Impeler



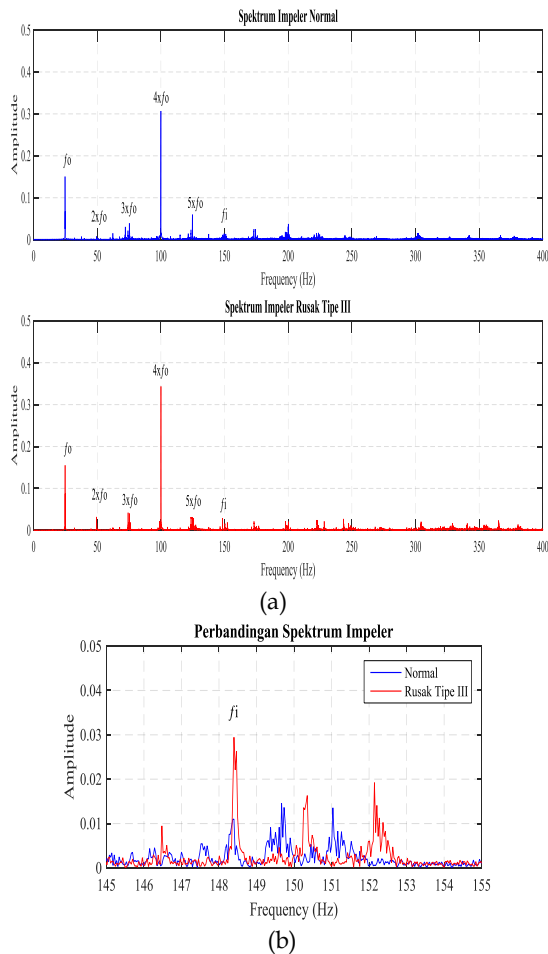
Gambar 8. (a). Perbandingan Antara Spektrum Getaran Impeler Normal dan Rusak Tipe I. (b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe I

Pada impeler rusak tipe I frekuensi yang mengalami peningkatan amplitudo secara signifikan yaitu $2 \times fo$, dan $4 \times fo$ yang merupakan harmonik frekuensi fundamental. Pada frekuensi getaran impeler rusak tipe I menunjukkan peningkatan pada frekuensi 148 Hz yang merupakan frekuensi dari impeler (f_i). Terdapat peningkatan amplitudo pada frekuensi 148 Hz yaitu dari frekuensi normal sebesar 0.010 volt ke nilai amplitudo 0.0253 volt terlihat pada gambar 8.



Gambar 9. (a). Perbandingan Antara Spektrum Getaran Impeler Normal dan Rusak Tipe II. (b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe II

Pada perbandingan sinyal frekuensi impeler kondisi normal & impeler rusak tipe II. Peningkatan amplitudo terdapat pada frekuensi fo , $2 \times fo$ dan $4 \times fo$ yang merupakan frekuensi fundamental dan harmoniknya. Sedangkan pada titik frekuensi 148 Hz yang merupakan frekuensi dari impeler (f_i) terjadi peningkatan amplitudo dibandingkan dengan amplitudo impeler normal. Peningkatan nilai amplitudo impeler yaitu sebesar 0.0263 volt terlihat pada gambar 9.

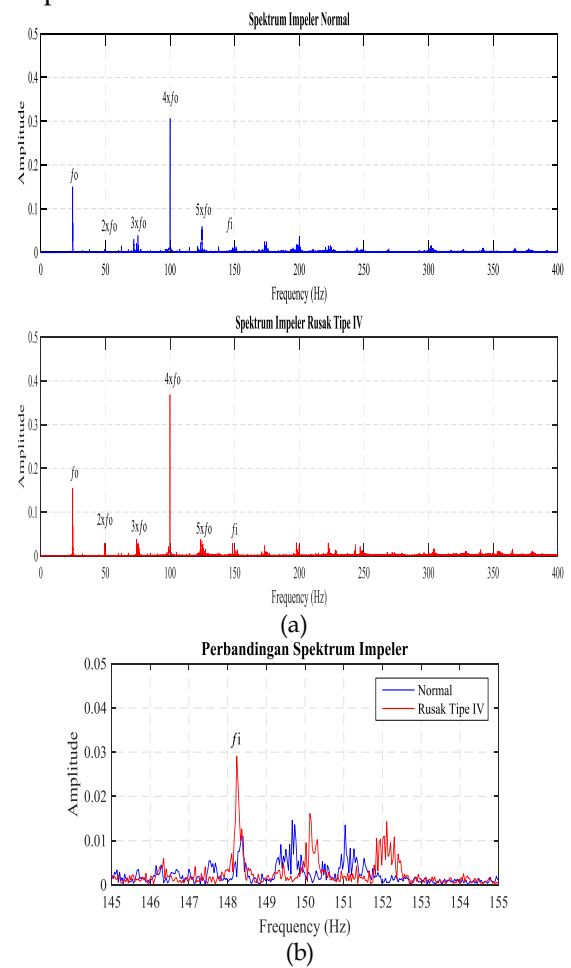


Gambar 10. (a). Perbandingan Antara Spektrum Geteran Impeler Normal dan Rusak Tipe III. (b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe III

Pada impeler rusak tipe III menunjukkan bahwa peningkatan nilai amplitudo terlihat hampir disemua frekuensi yaitu f_0 , $2 \times f_0$, $3 \times f_0$, dan $4 \times f_0$. Sedangkan untuk frekuensi impeler pada 148 Hz mengalami peningkatan amplitudo sebesar 0.0293 volt dibandingkan dengan nilai amplitudo impeler normal terlihat pada gambar 10. Peningkatan amplitudo ini disebabkan oleh kerusakan impeler yang semakin besar. Kerusakan impeler yang semakin besar akan berpengaruh pada komponen lainnya yang terdapat pada pompa sentrifugal.

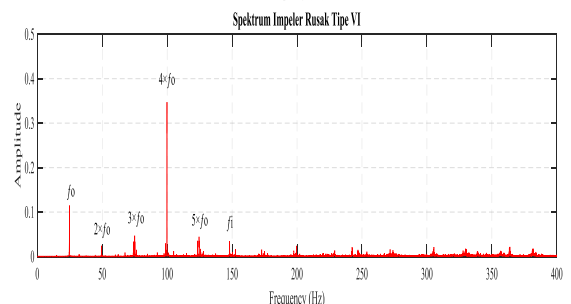
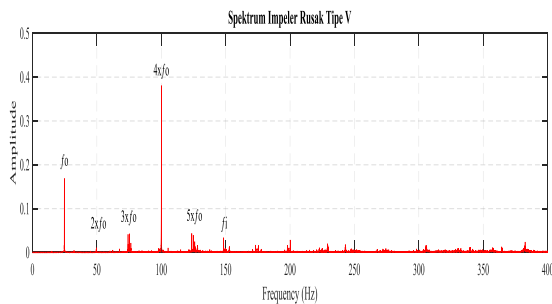
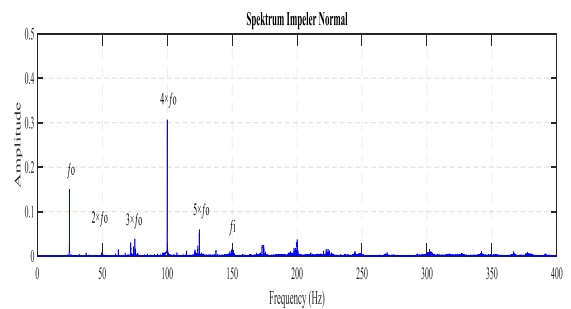
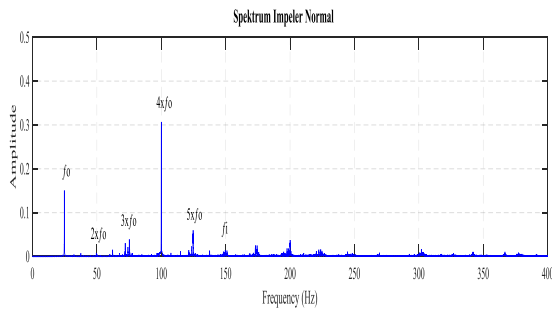
Hasil frekuensi impeler rusak tipe IV menunjukkan adanya peningkatan amplitudo di beberapa frekuensi. Peningkatan amplitudo terbesar pada frekuensi variasi kondisi ini hanya terjadi pada f_0 , $2 \times f_0$ dan $4 \times f_0$. Sedangkan untuk frekuensi impeler 148 Hz mengalami peningkatan amplitudo sebesar 0.294 volt seperti terlihat pada gambar 11. Peningkatan amplitudo frekuensi impeler tipe

IV lebih besar dibandingkan dengan frekuensi impeler normal.



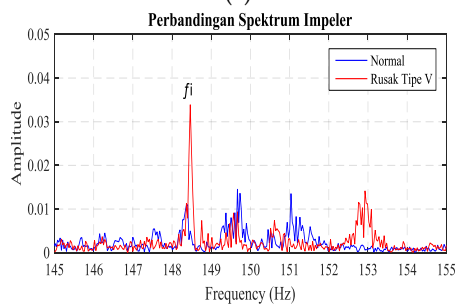
Gambar 11. (a). Perbandingan Antara Spektrum Geteran Impeler Normal dan Rusak Tipe IV. (b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe IV

Dari hasil frekuensi getaran impeler pada gambar 12 yang mengalami kerusakan tipe V pada gambar terlihat bahwa terjadi perbedaan amplitudo yang terjadi pada f_0 , $2 \times f_0$, $3 \times f_0$ dan $4 \times f_0$. perbedaan menunjukkan adanya peningkatan nilai amplitudo. sedangkan untuk frekuensi impeler pada 148 Hz meningkat sebesar 0.0338 volt dibandingkan dengan frekuensi impeler normal. Meningkatnya amplitudo frekuensi impeler dapat mengindikasikan adanya masalah pada impeler pompa sentrifugal. kerusakan pada impeler rusak tipe V terdapat pada lima sisi blade impeler.

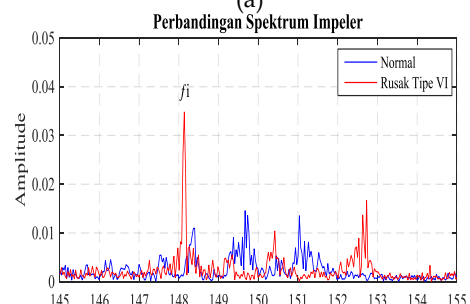


(a)

(a)



(b)



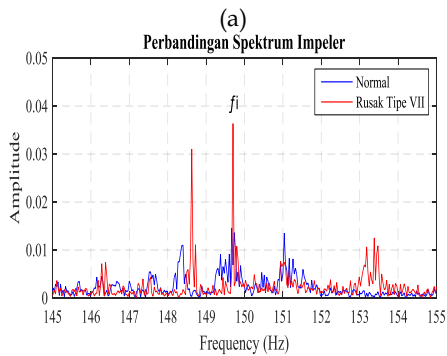
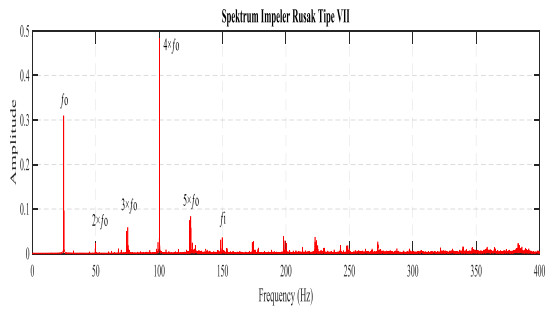
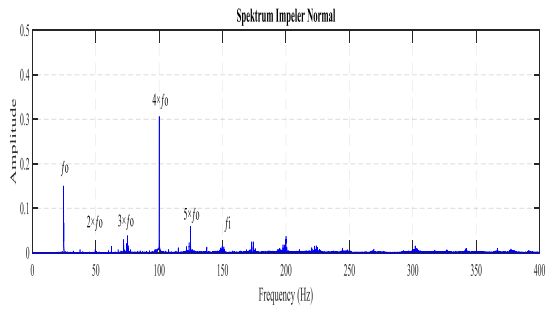
(b)

Gambar 12. (a). Perbandingan Antara Spektrum Geteran Impeler Normal dan Rusak Tipe V. (b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe V.

Gambar 13. (a). Perbandingan Antara Spektrum Geteran Impeler Normal dan Rusak Tipe VI. (b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe VI.

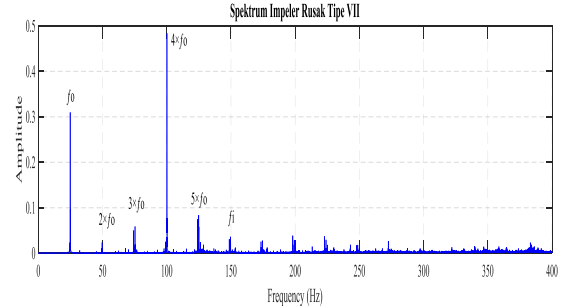
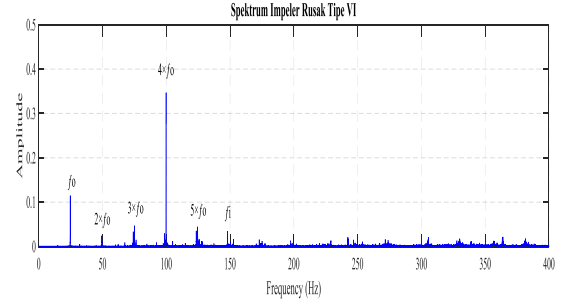
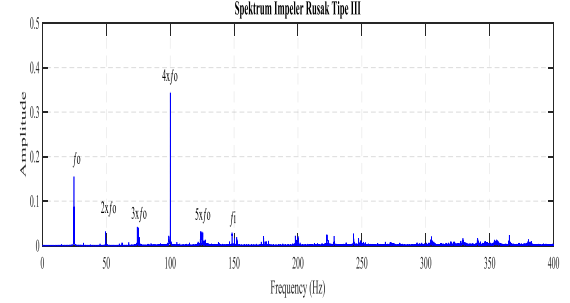
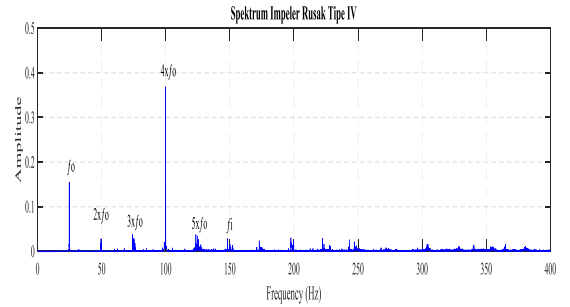
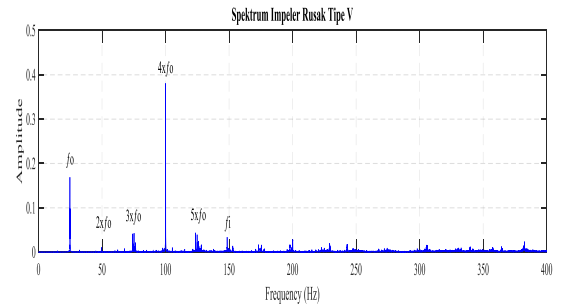
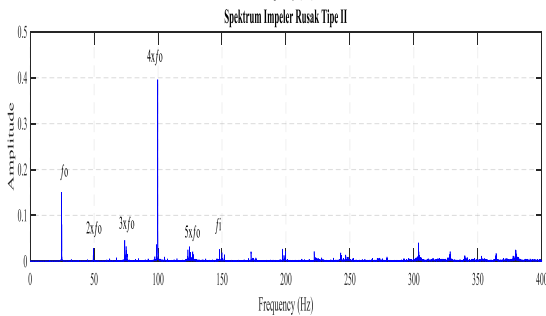
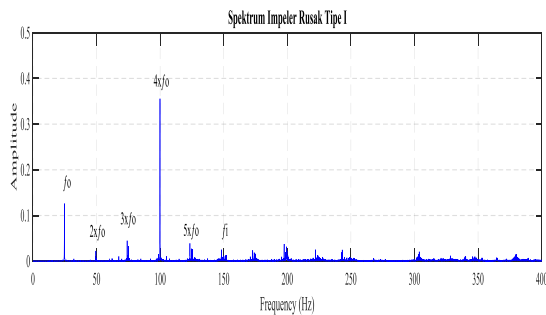
Pada sinyal frekuensi impeler kondisi rusak tipe VI menunjukkan Peningkatan terjadi pada harmonik frekuensi fundamental dari $2 \times f_0$, $3 \times f_0$ dan $4 \times f_0$, sedangkan penigkatan pada frekuensi impeler rusak tipe VI. Peningkatan amplitudo terjadi pada frekuensi 148 Hz yaitu sebesar 0.0339 volt dibandingkan dengan sinyal frekuensi impeler kondisi normal terlihat pada gambar 13. Kerusakan pada impeler tipe VI yaitu terdapat pada enam sisi balde impeler.

Perbandingan sinyal frekuensi impeler normal dengan impeler rusak tipe VII menunjukkan perbedaan pada beberapa frekuensi. Perbedaan ini terjadi karena adanya penigkatan amplitudo. Peningkatan terlihat pada hampir disemua frekuensi terutama pada f_0 , $2 \times f_0$, $3 \times f_0$, $4 \times f_0$, $5 \times f_0$, f_i . Peningkatan ini dapat mengindikasikan adanya masalah pada impeler pompa sentrifugal maupun komponen pompa lain. Sedangkan untuk frekuensi impeler terlihat terjadinya penigkatan amplitudo frekuensi 148 Hz yaitu sebesar 0.0263 volt seperti gambar 14. Nilai amplitudo pada tipe VII cenderung meningkat dibandingkan dengan amplitudo pada impeler tipe lainnya. Peningkatan ini disebabkan adanya kerusakan yang lebih parah pada impeler tipe VII.



(a) Perbandingan Antara Spektrum Geteran Impeler Normal dan Rusak Tipe VII. (b) Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe VII.

Perbandingan Antara Variasi Kerusakan Impeler.



Gambar 15. Perbandingan Spektrum Geteran Variasi Kerusakan Impeler

Secara umum, peningkatan amplitudo terjadi pada semua variasi kerusakan impeler. Pada variasi impeler rusak tipe I, peningkatan nilai amplitudo terjadi pada $2 \times fo$, $3 \times fo$, $4 \times fo$, $5 \times fo$, fi sedangkan variasi kerusakan impeler tipe II, III, IV, V peningkatan amplitudo terjadi pada fo , $2 \times fo$, $3 \times fo$, $4 \times fo$ dan fi , untuk variasi impeler rusak VI peningkatan

amplitudo terjadi pada $2 \times f_0$, $3 \times f_0$, $4 \times f_0$ dan f_i , sedangkan untuk variasi kerusakan impeler tipe VII terjadi peningkatan amplitudo disemua frekuensi. Peningkatan amplitudo yang mendominasi untuk semua variasi kerusakan yaitu pada frekuensi f_0 , $2 \times f_0$, $3 \times f_0$, $4 \times f_0$ dan f_i . Peningkatan amplitudo pada frekuensi f_0 dapat mengindikasikan bahwa terjadinya *unbalance* pada pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar 15.

Dari hasil frekuensi yang telah direkam menggunakan *accelerometer* dengan *sampling rate* sebesar 17066 dan kecepatan poros 1483 RPM didapatkan bahwa amplitudo frekuensi impeler yang mengalami kerusakan cenderung meningkat. Peningkatan amplitudo yang terjadi sesuai dengan tingkatan kerusakan yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat kerusakan impeler. Impeler rusak tipe I, II, III, IV, V, VI dan VII berturut-turut memiliki nilai amplitudo 0.0253 volt, 0.0263 volt, 0.0293 volt, 0.0294 volt, 0.0339 volt, 0.0348 volt, 0.0363 volt.

Peningkatan amplitudo tidak hanya terjadi pada frekuensi impeler namun terjadi juga pada frekuensi fundamental (f_0) dan harmonik fundamental hingga $8 \times f_0$. Peningkatan yang terjadi pada harmonik fundamental disebabkan oleh pengaruh dari kerusakan impeler sehingga berdampak pada komponen lain yang berada pada pompa sentrifugal maupun motor listrik. Indikasi kerusakan impeler dapat dilihat dari peningkatan nilai amplitudo frekuensi impeler dibandingkan dengan amplitudo frekuensi impeler normal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perubahan spektrum getaran pada pompa impeler kondisi normal memperlihatkan perbedaan dengan impeler kondisi rusak. Perbedaan spektrum terlihat pada nilai amplitudo impeler rusak lebih tinggi dibandingkan dengan impeler kondisi normal.
2. Peningkatan amplitudo pada frekuensi impeler pompa (f_i) mengindikasikan bahwa adanya kerusakan pada impeler pompa sentrifugal.
3. Metode analisa sinyal getaran yang dikembangkan menunjukkan semakin parah (lanjut) kerusakan pada impeler

maka peningkatan amplitudo frekuensi impeler (f_i) akan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ari I Anitya, Didik Djoko Susilo Dan Zainal Arifin. 2013. *Deteksi kerusakan impeller pompa sentrifugal dengan analisa sinyal getaran*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Mekanika volume 11 nomor 2.
- Astriyanto, Maskuh, Wijianto Dan Subroto. 2012. *Aplikasi Respon Getar Untuk Fenomena Kavitasasi Pada Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Kerusakan Impeler*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kamiel, Berli Paripurna. 2015. *Vibration-based multi-fault diagnosis for centrifugal pumps*. Ph.D. Curtin University, Department of Mechanical Engineering
- Nugroho Sri Dan Singgih Puji Raharjo. 2009. *Analisa Kegagalan Impeller Slury Pump Disebuah Industry Kaolin*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang. Volume 11 Nomor 3.
- Rohman, Erik Wahkidur. 2015. *Uji Eksperimen Pengaruh Jumlah Sudu Torque Flow Impeller Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Volume 03 Nomor 03,145-152.
- Sularso dan Haruo Tahara, 1996. *Pompa dan kompresor*. Jakarta. Pradnya paramita
- Wijianto dan Marwan Effendy. 2010. *Aplikasi Response Getaran Untuk Menganalisis Fenomena Kavitasasi Pada Instalasi Pompa Sentrifugal*. Volume. 11, No. 2: 191 – 206.

Penulis :

Berli Paripurna Kamiel

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan
Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul,
Yogyakarta.

E-mail : berlikamiel@gmail.com

Zabir Agusti Maulana

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan
Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul,
Yogyakarta.

E-mail : zabirmaulana@gmail.com