

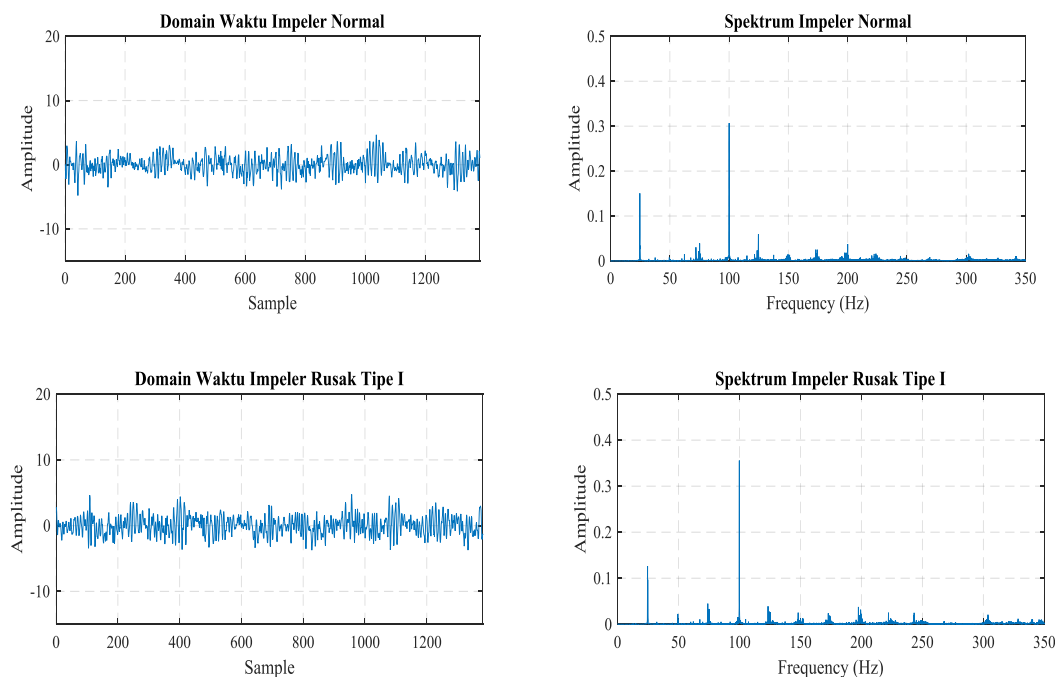
BAB IV

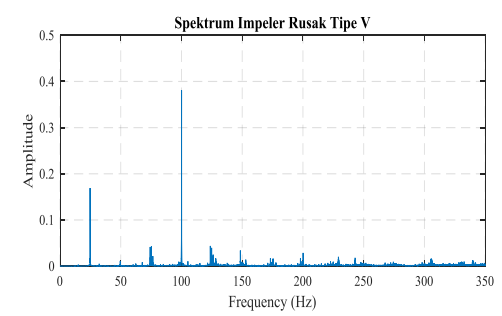
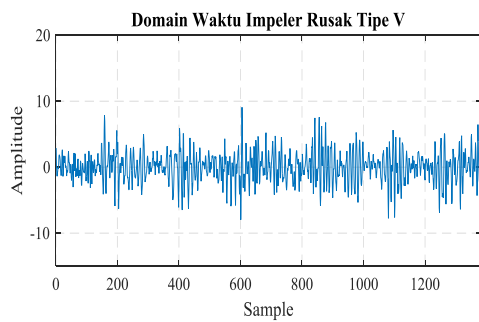
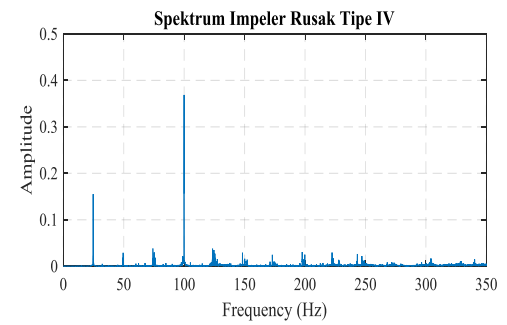
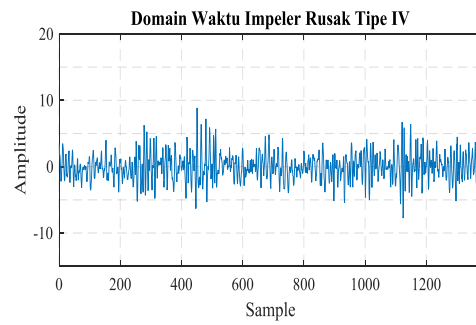
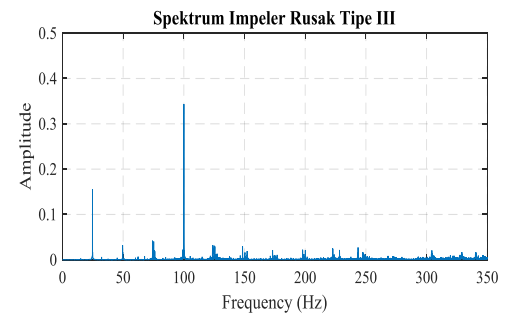
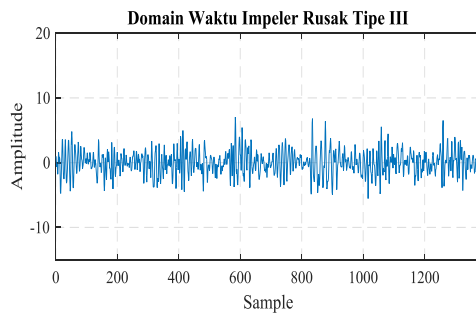
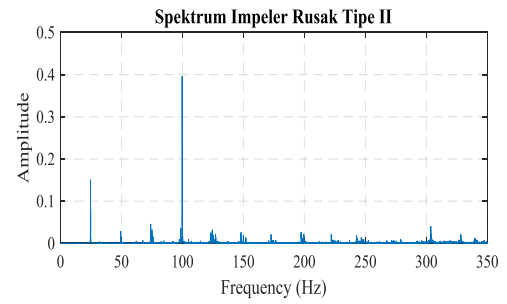
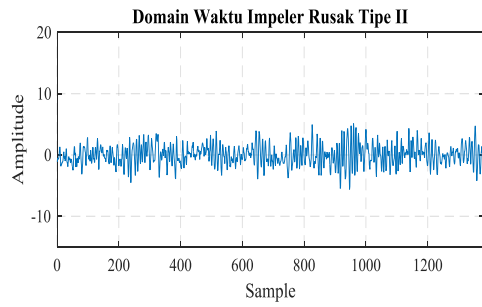
HASIL DAN PEMBAHASAN

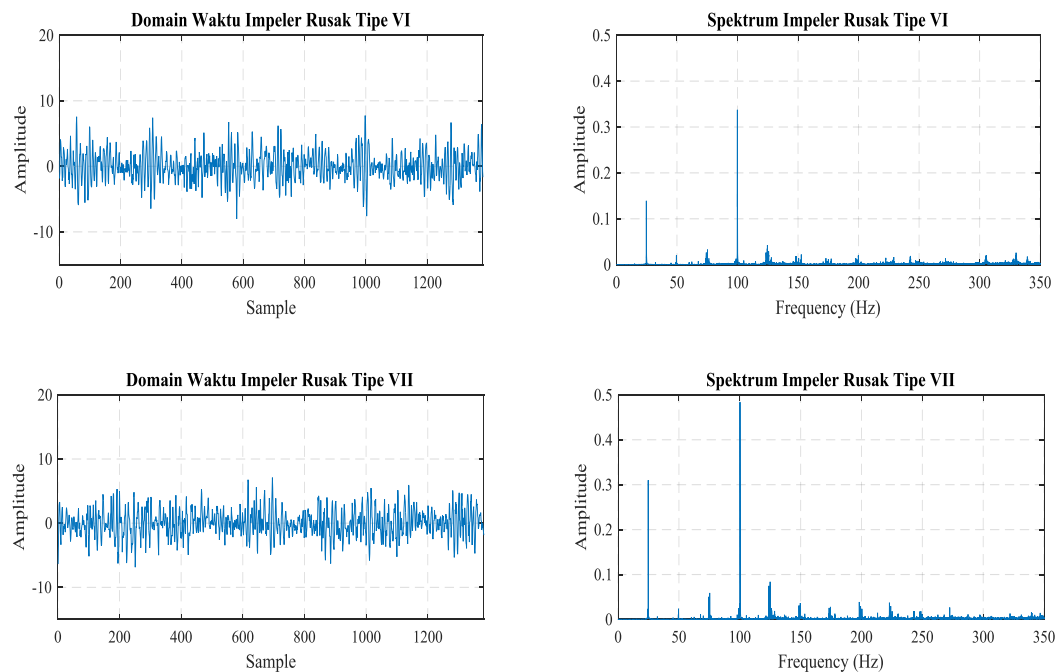
Bab ini menyajikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode yang diusulkan. Sinyal getaran digunakan untuk mendiagnosis kerusakan yang terjadi pada impeler pompa sentrifugal. Terdapat 8 variasi yang akan didiagnosis yaitu impeler kondisi normal, kerusakan impeler tipe I, kerusakan impeler tipe II, kerusakan impeler tipe III, kerusakan impeler tipe IV, kerusakan impeler tipe V, kerusakan impeler tipe VI dan kerusakan impeler tipe VII. Penelitian ini membandingkan hasil sinyal getaran disetiap kondisi yang telah direkam *accelerometer* dengan menggunakan software MATLAB.

4.1. Hasil Penelitian

Berikut ini gambar 4.1. menunjukkan hasil plot sinyal getaran domain waktu dan domain frekuensi dari kondisi impeler normal maupun impeler kondisi rusak. Sinyal getaran tersebut diambil dari kumpulan data #40.





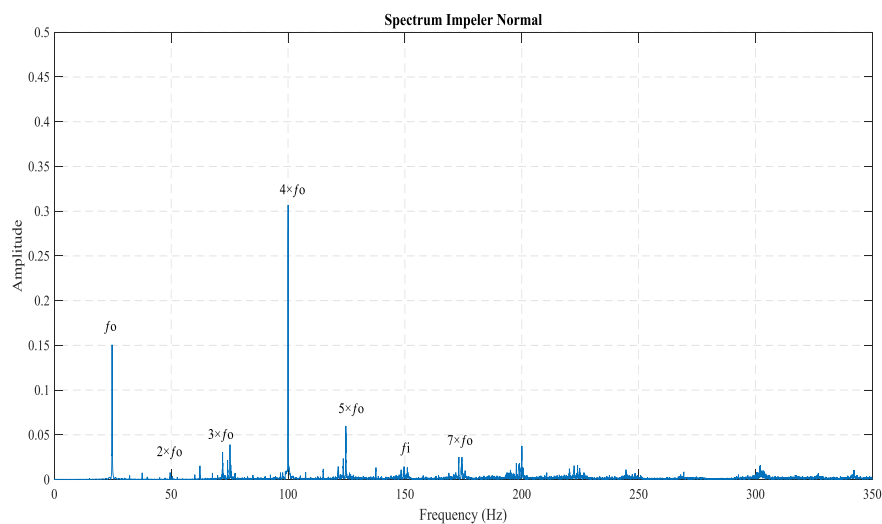


Gambar 4.1. Hasil Plot Sinyal Getaran Domain Waktu dan Domain Frekuensi.

Hasil dari sinyal getaran pompa sentrifugal yang menunjukkan domain frekuensi dan domain waktu untuk setiap kondisi impeler dengan perekaman menggunakan *sampling rate* sebesar 17066 Hz dan kecepatan poros 1483 RPM . Pada setiap spektrum akan dimulai dari frekuensi sebesar 24.7 Hz yang merupakan frekuensi dari frekuensi poros (f_0). Terdapat juga *peak* yang menandai kelipatan dari frekuensi poros (f_0).

4.1.1. Hasil Perbandingan Spektrum Impeler Kondisi Normal dan Rusak

Dibawah ini akan dilakukan perbandingan antara hasil spektrum getaran impeler kondisi normal dengan impeler kondisi rusak pada setiap variasi. Spektrum getaran impeler kondisi normal akan dijadikan sebagai acuan untuk perbandingan tersebut. Gambar 4.2. merupakan spektrum getaran impeler kondisi normal. Pada spektrum frekuensi tersebut terlihat *peak peak* yang muncul diantaranya pada frekuensi f_0 , $3 \times f_0$, $4 \times f_0$, $5 \times f_0$, f_i , $7 \times f_0$ dan $8 \times f_0$. f_0 merupakan frekuensi fundamental dari poros sedangkan f_i adalah frekuensi dari impeler (Jumlah blade $\times f_0$).

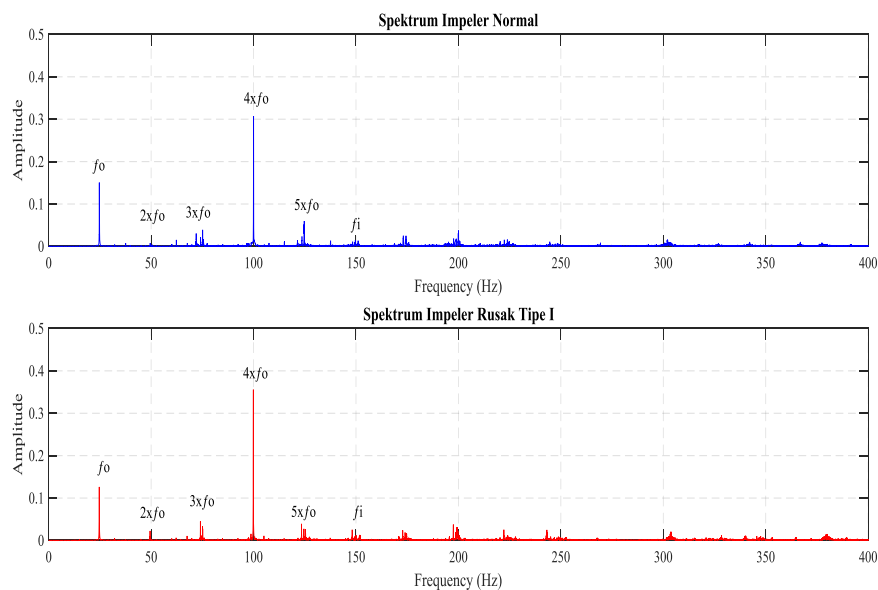


Gambar 4.2. Spektrum Pompa Kondisi Normal

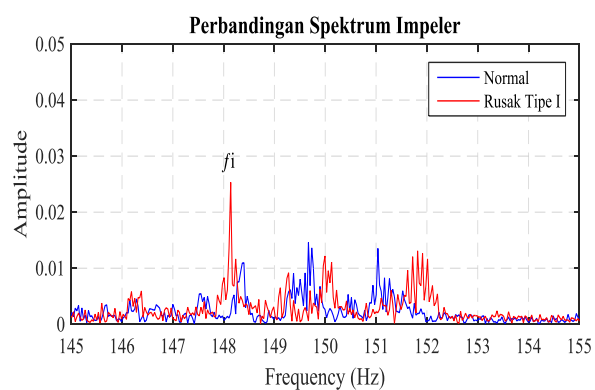
1. Perbandingan antara Frekuensi Impeler Normal dan Impeler Rusak Tipe I.

Hasil frekuensi getaran impeler normal dan impeler rusak tipe I akan dilakukan perbandingan untuk mengetahui perbedaan yang terjadi diantara keduanya. Perbedaan antara frekuensi impeler normal dan impeler rusak tipe I dapat dilihat dengan adanya peningkatan amplitudo. Pada impeler rusak tipe I frekuensi yang mengalami peningkatan amplitudo secara signifikan yaitu $2 \times f_0$, dan $4 \times f_0$ yang merupakan harmonik frekuensi fundamental. Peningkatan amplitudo ini dapat diindikasikan bahwa terjadi masalah pada komponen pompa sentrifugal. Gambar 4.3a menunjukkan perbandingan spektrum antara impeler normal dan impeler rusak tipe I.

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. Peningkatan ini belum terlihat secara signifikan dikarenakan kerusakan pada impeler tipe I terletak pada salah satu sisi blade impeler seperti gambar 4.3b. Dengan adanya peningkatan amplitudo mengindikasikan kerusakan pada impeler pompa sentrifugal.



(a)



(b)

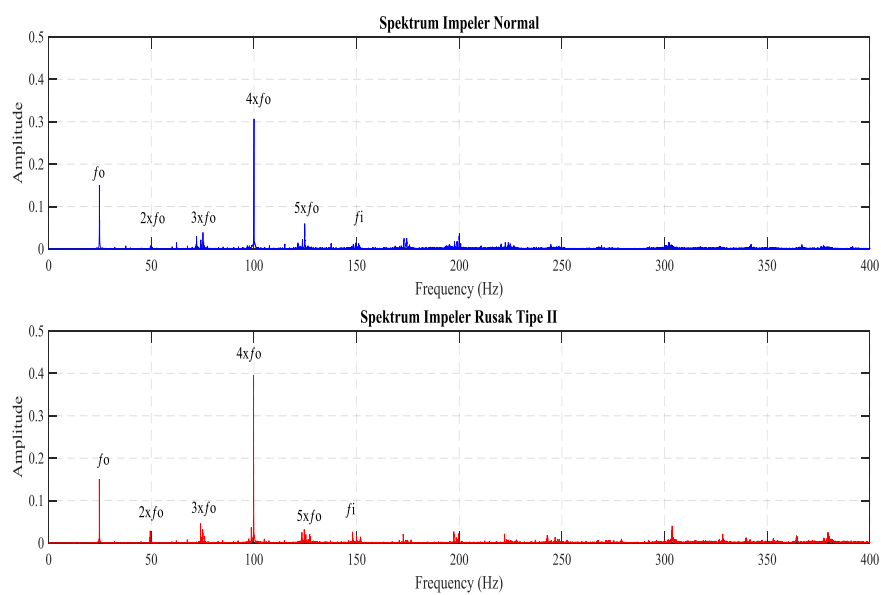
Gambar 4.3 (a). Perbandingan Antara Spektrum Getaran Impeler Normal dan Rusak Tipe I

(b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe I

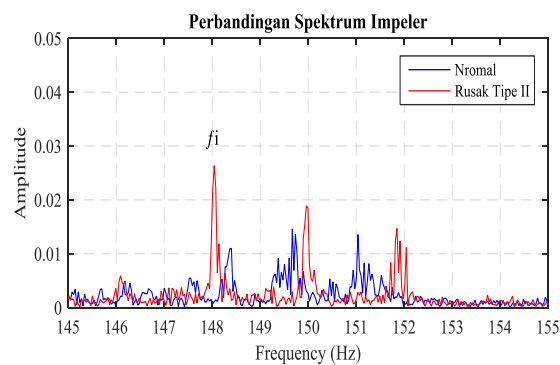
2. Perbandingan Antara Frekuensi Impeler Normal Dan Impeler Rusak Tipe II.

Dari perbandingan frekuensi antara impeler normal dan impeler rusak tipe II pada gambar 4.4a terlihat peningkatan amplitudo pada beberapa frekuensi. Peningkatan amplitudo ini terdapat pada frekuensi f_0 , $2 \times f_0$ dan $4 \times f_0$ 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 seperti dapat dilihat gambar 4.4b. Peningkatan nilai amplitudo impeler yaitu sebesar 0.0263 volt. Dengan adanya peningkatan amplitudo pada frekuensi impeler ini merupakan indikasi awal bahwa terjadi kerusakan pada impeler pompa sentrifugal. Kerusakan pada impeler rusak tipe II yaitu pada dua sisi blade impeler.



(a)



(b)

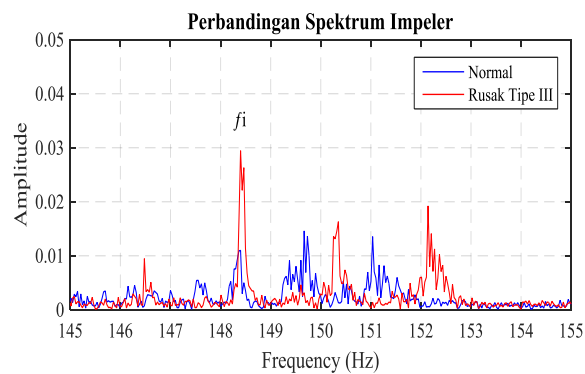
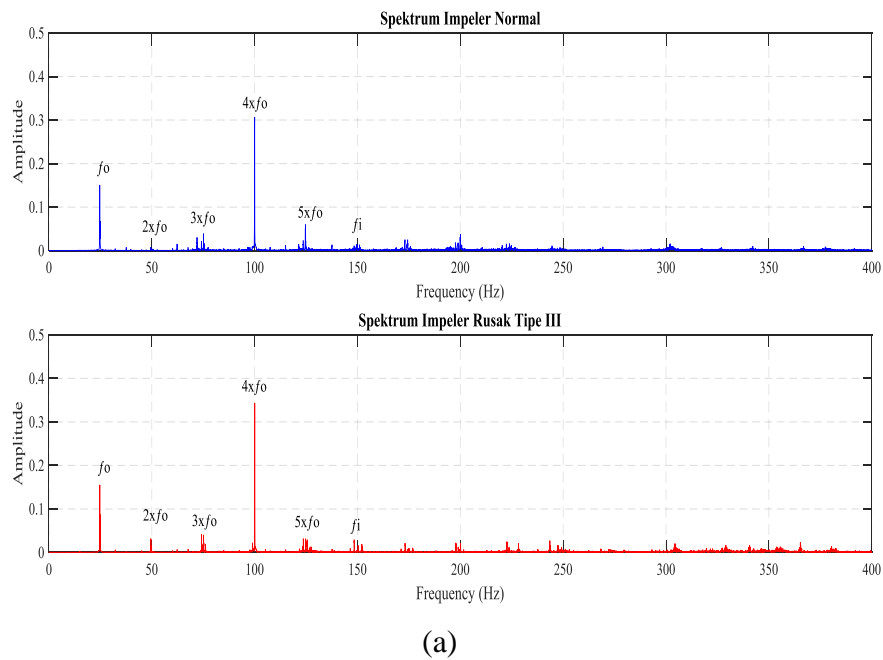
Gambar 4.4 (a). Perbandingan Antara Spektrum Geteran Impeler Normal dan Rusak Tipe II

(b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe II

3. Perbandingan Antara Frekuensi Impeler Normal dan Impeler Rusak Tipe III

Hasil perbandingan antara frekuensi normal dan impeler rusak tipe III gambar 4.5a 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 pada gambar 4.5b mengalami peningkatan amplitudo sebesar 0.0293 volt dibandingkan dengan nilai amplitudo impeler normal. 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. Pada impeler rusak tipe III memiliki kerusakan tiga sudu impeler.



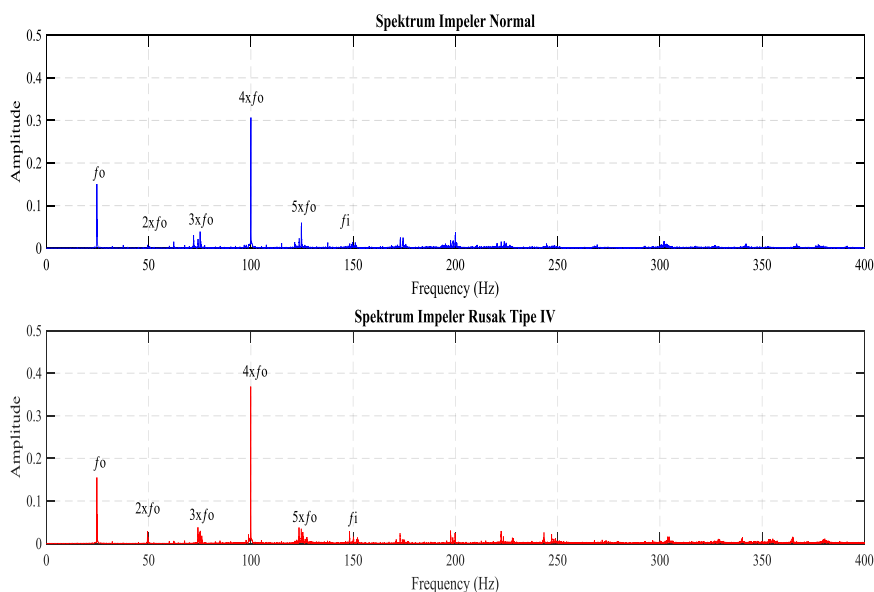
Gambar 4.5 (a). Perbandingan Antara Spektrum Geteran Impeler Normal dan Rusak Tipe III

(b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe III

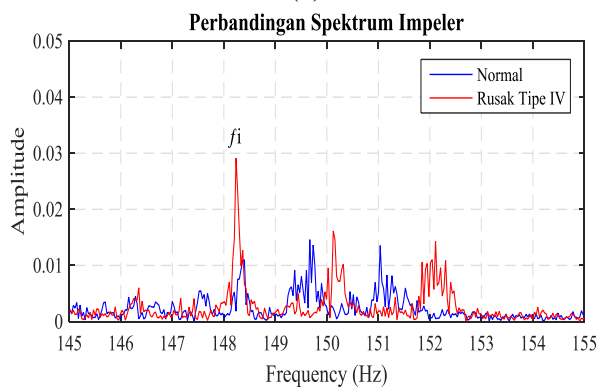
4. Perbandingan Antara Frekuensi Impeler Normal dan Impeler Rusak Tipe IV.

Gambar 4.6a merupakan hasil frekuensi getaran impeler normal dan impeler rusak tipe IV yang akan dibandingkan untuk mengetahui perbedaannya. 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. Peningkatan amplitudo frekuensi impeler tipe IV lebih besar dibandingkan dengan frekuensi impeler normal terlihat gambar 4.6b. Kerusakan yang terjadi pada impeler tipe IV terdapat pada empat sisi blade impeler.



(a)



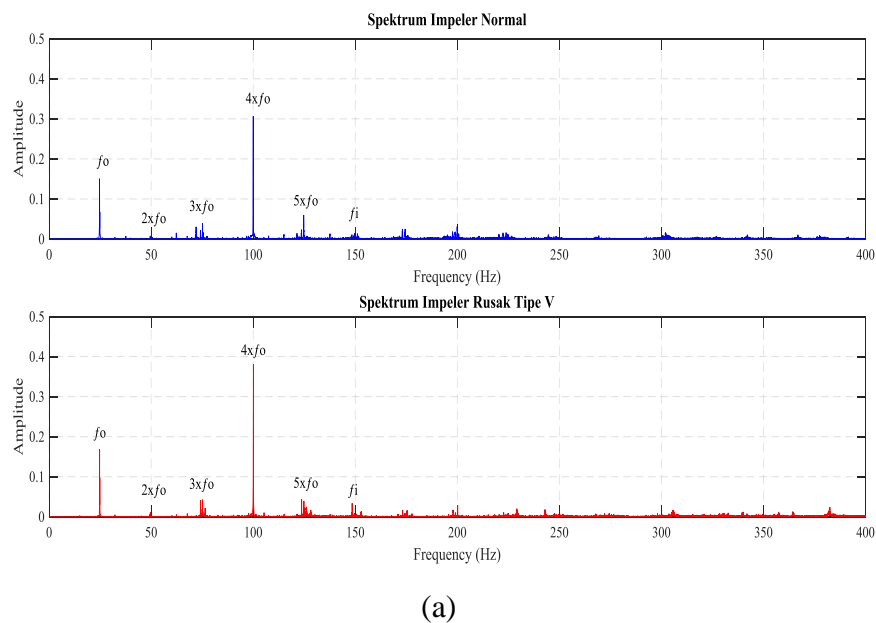
(b)

Gambar 4.6 (a). Perbandingan Antara Spektrum Getaran Impeler Normal dan Rusak Tipe IV

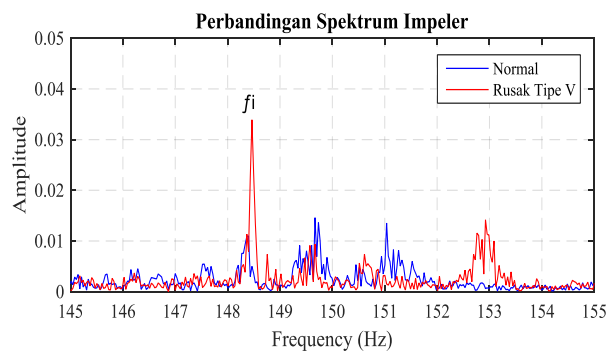
(b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe IV

5. Perbandingan Antara Frekuensi Impeler Normal Dan Impeler Rusak Tipe V

Dari frekuensi getaran impeler yang mengalami kerusakan tipe V 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 seperti terlihat pada gambar 4.7a. 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)



(b)

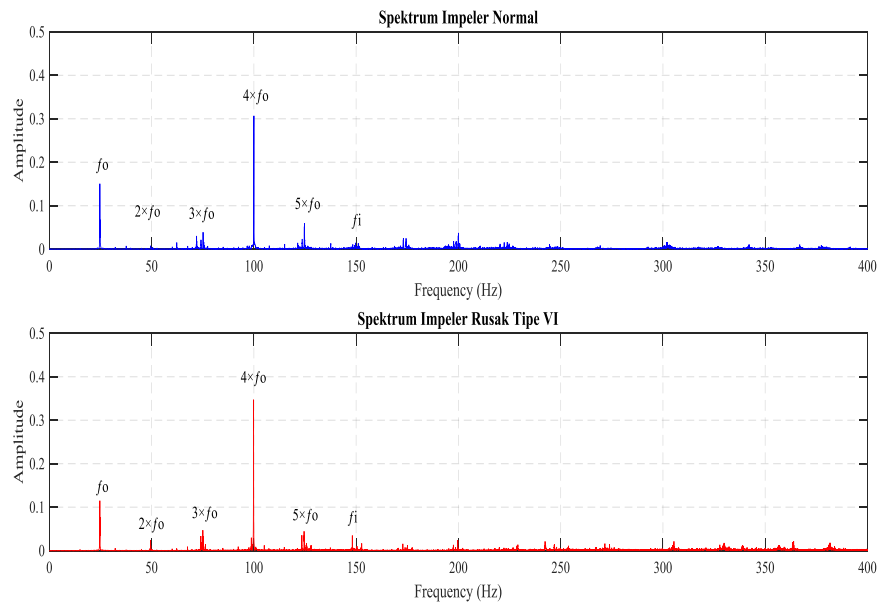
Gambar 4.7 (a). Perbandingan Antara Spektrum Getaran Impeler Normal Dan Rusak Tipe V

(b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe V.

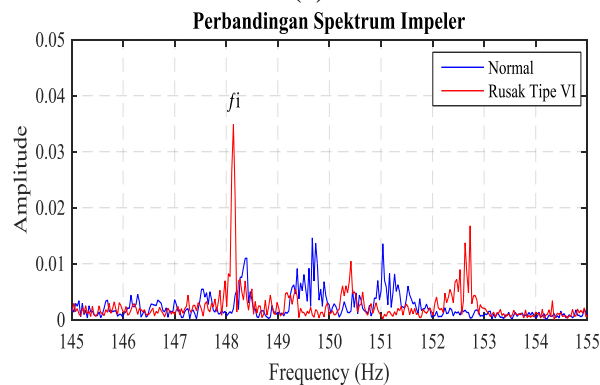
6. Perbandingan Antara Frekuensi Impeler Normal dan Impeler Rusak Tipe VI

Dari hasil perbandingan frekuensi impeler normal dan impeler rusak tipe VI menunjukkan perbedaan pada beberapa frekuensi. Perbedaan terlihat terjadi peningkatan pada titik frekuensi tertentu. Peningkatan terjadi pada harmonik frekuensi fundamental dari $2 \times f_0$, $3 \times f_0$ dan $4 \times f_0$, terlihat pada gambar 4.8a.

Pada gambar 4.8b menunjukkan peningkatan pada frekuensi impeler rusak tipe VI. Peningkatan amplitudo terjadi pada frekuensi 148 Hz yaitu sebesar 0.0339 volt. Kerusakan pada impeler tipe VI yaitu terdapat pada enam sisi balde impeler. Meningkatnya nilai amplitudo frekuensi impeler dapat mengindikasikan kerusakan pada impeler pompa sentrifugal.



(a)



(b)

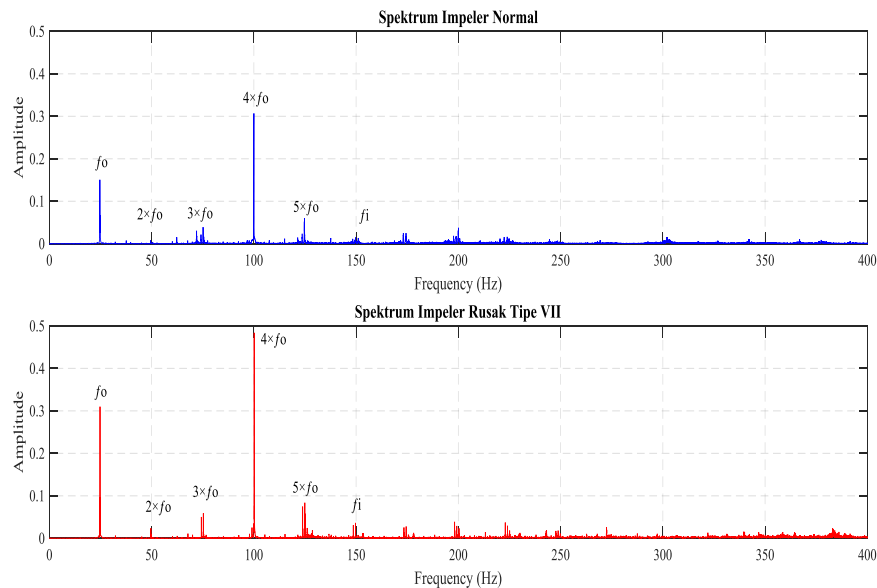
Gambar 4.8 (a). Perbandingan Antara Spektrum Getaran Impeler Normal dan Rusak Tipe VI

(b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe VI

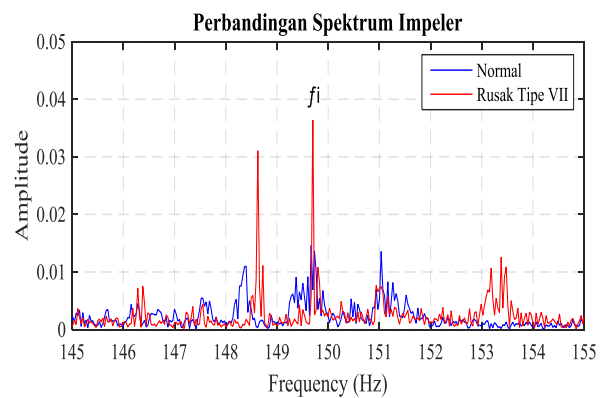
7. Perbandingan Antara Frekuensi Impeler Normal dan Impeler Rusak Tipe VII

Pada gambar 4.9a perbandingan sinyal frekuensi impeler normal dengan impeler rusak tipe VII menunjukkan perbedaan pada beberapa frekuensi. Perbedaan ini terjadi karena adanya peningkatan amplitudo. Peningkatan terlihat pada hampir disemua frekuensi terutama pada f_o , $2 \times f_o$, $3 \times f_o$, $4 \times f_o$, $5 \times f_o$, f_i . Peningkatan ini dapat mengindikasikan adanya masalah pada impeler pompa sentrifugal maupun komponen pompa lain. Sedangkan untuk frekuensi impeler terlihat terjadinya

peningkatan amplitudo frekuensi 148 Hz yaitu sebesar 0.0263 volt seperti gambar 4.9b. 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. Kerusakan yang terjadi pada impeler tipe VII yaitu hilang salah satu bladanya.



(a)



(b)

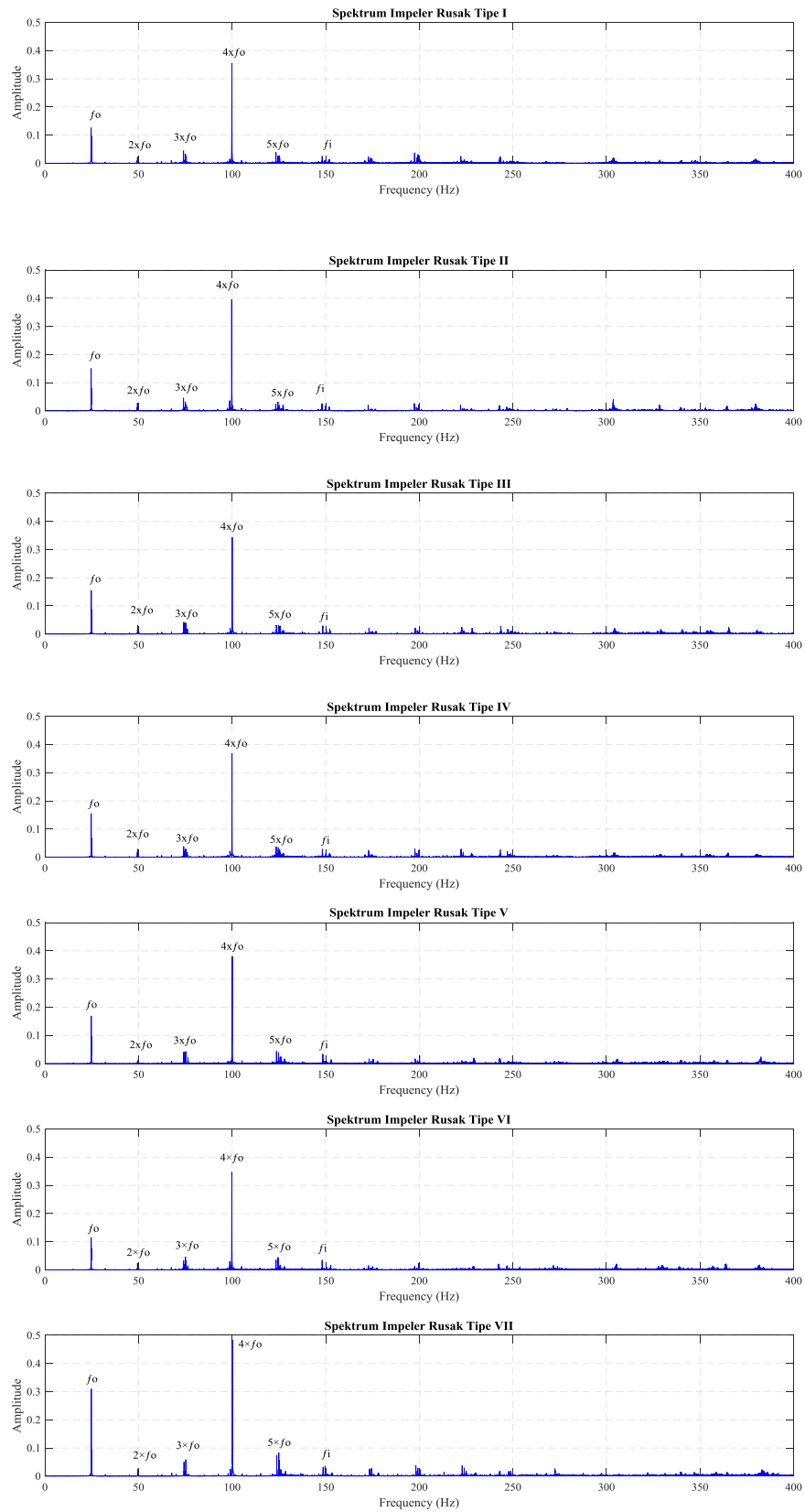
Gambar 4.9. (a). Perbandingan Antara Spektrum Getaran Impeler Normal dan Rusak Tipe VII

(b). Perbandingan Frekuensi Impeler Normal dan Rusak Tipe VI

8. Perbandingan Antara Variasi Kerusakan Impeler

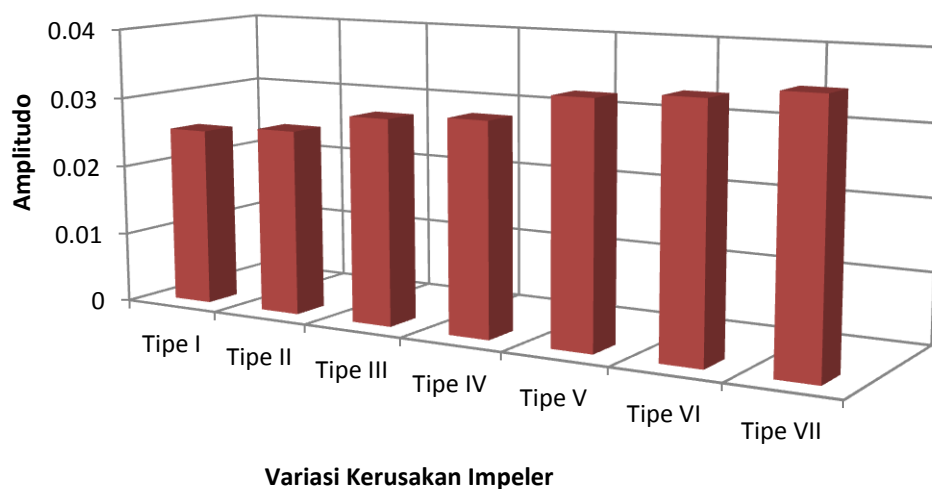
Hasil frekuensi getaran pada semua variasi kerusakan impeler akan dibandingkan untuk mengetahui variasi kerusakan yang terbaik dalam mendeteksi kerusakan impeler pada pompa sentrifugal. Secara umum, peningkatan amplitudo terjadi pada semua variasi kerusakan impeler. Pada variasi impeler rusak tipe I, peningkatan nilai amplitudo terjadi pada $2 \times f_o$, $3 \times f_o$, $4 \times f_o$, $5 \times f_o$, f_i sedangkan variasi kerusakan impeler tipe II, III, IV, V peningkatan amplitudo terjadi pada f_o , $2 \times f_o$, $3 \times f_o$, $4 \times f_o$ dan f_i , untuk variasi impeler rusak VI peningkatan amplitudo terjadi pada $2 \times f_o$, $3 \times f_o$, $4 \times f_o$ 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_o , $2 \times f_o$, $3 \times f_o$, $4 \times f_o$ dan f_i . Peningkatan amplitudo pada frekuensi f_o dapat mengindikasikan bahwa terjadinya unbalance pada pompa sentrifugal.

Sedangkan untuk peningkatan amplitudo pada frekuensi $4 \times f_o$ merupakan frekuensi dari kutub motor listrik. Peningkatan amplitudo yang terjadi pada frekuensi f_i menunjukkan kerusakan pada impeler pompa. Peningkatan yang terjadi pada $4 \times f_o$ merupakan dampak dari getaran yang ditimbulkan pada kerusakan impeler pompa sentrifugal. Pada dasarnya peningkatan amplitudo menunjukkan bahwa terjadi suatu masalah pada komponen pompa sentrifugal. Metode yang dikembangkan dapat mengidentifikasi kerusakan impeler akurat pada kondisi kerusakan impeler tipe VII. Dimana peningkatan amplitudo terjadi pada semua frekuensi getaran yang direkam. Dapat dilihat perbedaan peningkatan nilai amplitudo pada gambar 4.24 berikut.



Gambar 4.10. Perbandingan Spektrum Getaran Variasi Kerusakan Impeler

Gambar 4.11 menunjukkan perbandingan yang terlihat pada frekuensi impeler pompa sentrifugal untuk semua tipe kerusakan. Peningkatan amplitudo telah terlihat pada kerusakan impeler rusak tipe I dan semakin meningkat hingga kerusakan pada impeler rusak tipe VII.



Gambar 4.11 Perbandingan Frekuensi Impeler Semua Variasi Kerusakan.

4.2. Pembahasan

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.