

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas metode deteksi dari hasil penelitian uji rusak dini bantalan pada kincir angin. Analisa dilakukan menggunakan kombinasi metode domain waktu, domain frekuensi dan analisis *envelope*. Grafik akan menunjukkan perubahan amplitudo frekuensi antara bantalan dengan kondisi normal dan bantalan dalam kondisi rusak jamak (*multi-faults*).

4.1 Data Penelitian

Data penelitian diperoleh dari pengukuran getaran bantalan bola pada kincir angin dengan kondisi bantalan normal dan kondisi bantalan rusak. Rusak bantalan dibuat secara rusak jamak (*multi-faults*) dimana rusak terjadi pada 2 bagian yaitu rusak lintasan luar (*outer race*) dan rusak lintasan dalam (*inner race*). Adapun dimensi dari bantalan bola jenis *Self Aligning Double Row* yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Dimensi Bantalan Bola

Komponen Bantalan	Dimensi
Diameter Luar (D)	80 mm
Diameter Dalam (d)	40 mm
Diameter Bola (Bd)	8,75 mm
Diameter Pitch (pd)	59,8 mm
Jumlah Bola (N)	34
Sudut Kontak (α)	0°

Tabel 4.1 digunakan untuk mencari frekuensi cacat bantalan lintasan luar atau disebut BPFO (*Ball Pass Frequency Outer Race*) dan cacat lintasan dalam atau disebut BPF_I (*Ball Pass Frequency Inner race*). Proses pengolahan data dilakukan pada kecepatan poros kincir angin yaitu 1200 rpm.

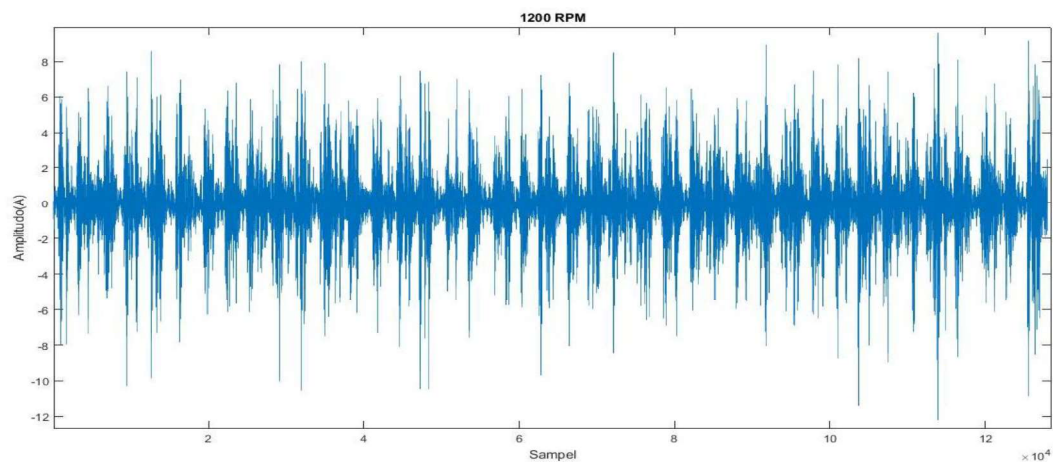
4.2 Sinyal Getaran Pada Kondisi Normal

Sinyal getaran yang didapat dari hasil pengukuran getaran pada bantalan bola kincir angin kondisi normal ditampilkan dalam 3 bentuk plot grafik yaitu domain waktu, domain frekuensi (spektrum frekuensi) dan spektrum *envelope*.

Plot grafik yang ditampilkan ini adalah hasil pengujian bantalan bola pada kondisi normal dengan kecepatan poros kincir angin 1200 rpm dengan *sampling rate* 25600 Hz.

4.2.1 Hasil Plot Domain Waktu

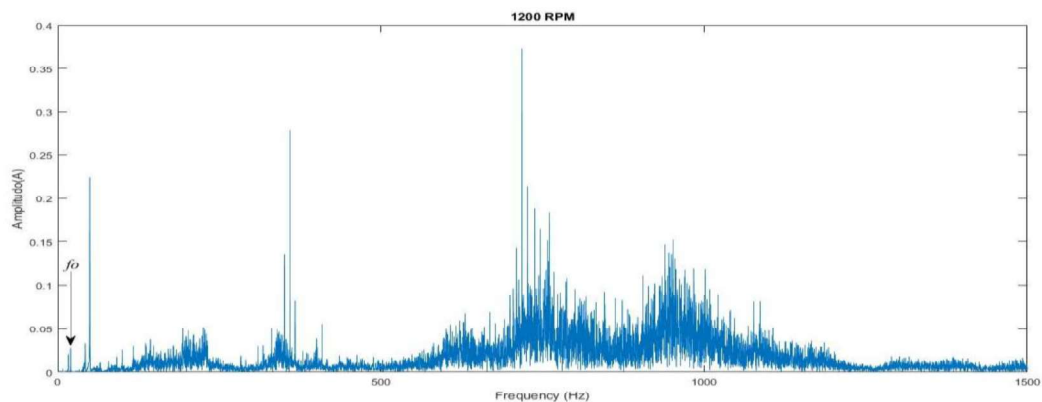
Domain waktu merupakan data mentah yang diperoleh dari akuisisi data getaran menggunakan sensor *accelerometer*. Hasil grafik domain waktu pada pengujian bantalan normal dapat dilihat pada Gambar 4.2 dengan putaran 1200 rpm.



Gambar 4.1 Grafik Domain Waktu Kondisi Bantalan Normal

4.2.2 Hasil Plot Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi)

Berikut ini adalah bentuk plot domain frekuensi (spektrum frekuensi) pada pengujian bantalan normal, dengan kecepatan poros seperti pada gambar 4.2.

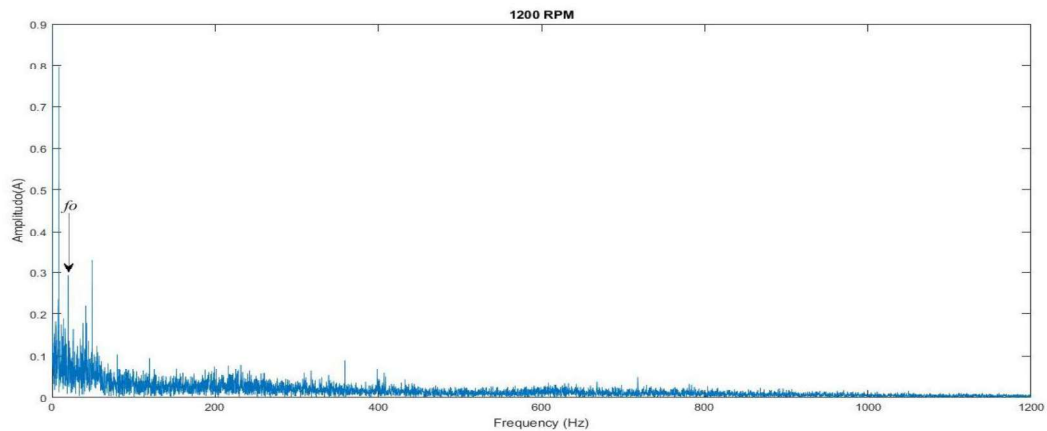


Gambar 4.2 Grafik Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi) Kondisi Bantalan Normal.

Pada Gambar 4.2 grafik domain frekuensi (spektrum frekuensi) menunjukkan banyaknya amplitudo tinggi yang muncul, namun amplitudo tinggi tersebut tidak menunjukkan frekuensi dari cacat bantalan. Amplitudo tinggi tersebut merupakan frekuensi dari komponen yang berada di sekitar bantalan.

4.2.3 Hasil Plot Analisis Envelope (*Envelope Analysis*)

Berikut ini adalah bentuk plot spektrum envelope (*envelope analysis*) pada pengujian bantalan normal, dengan kecepatan poros seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Analisis *Envelope* (*Envelope Analysis*) Kondisi Bantalan Normal (File Data Set12, Data #10).

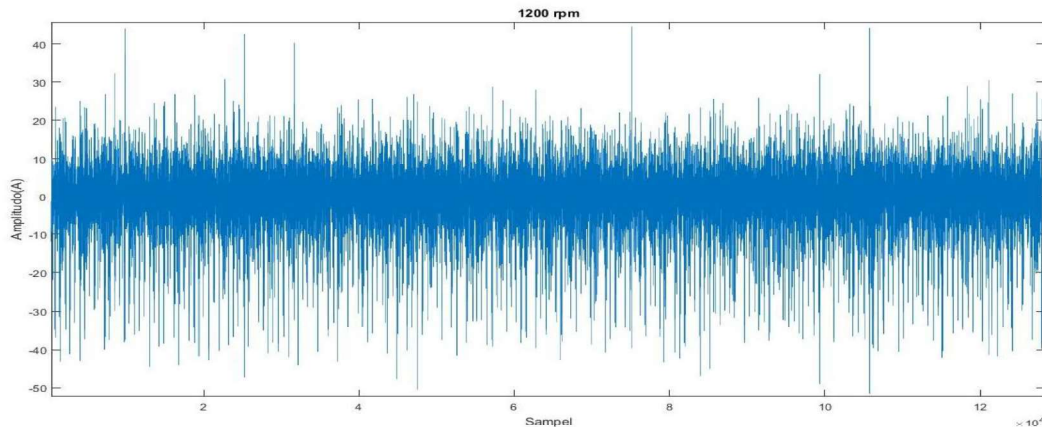
Grafik spektrum *envelope* bantalan Normal pada Gambar 4.3 tidak memunculkan frekuensi rusak bantalan. Hanya muncul amplitudo dari frekuensi putar poros (f_o)

4.3 Sinyal Getaran Pada Kondisi Rusak Jamak (*Multi-Faults*)

Hasil pengukuran sinyal getaran dari rusak bantalan secara rusak jamak (*multi-faults*) ditampilkan dalam 3 bentuk plot yaitu domain waktu, domain frekuensi (spektrum frekuensi) dan spektrum *envelope*. Plot grafik yang ditampilkan ini adalah hasil pengujian bantalan bola pada kondisi normal dengan kecepatan poros kincir angin 1200 rpm dengan *sampling rate* 25600 Hz.

4.3.1 Hasil Plot Domain Waktu

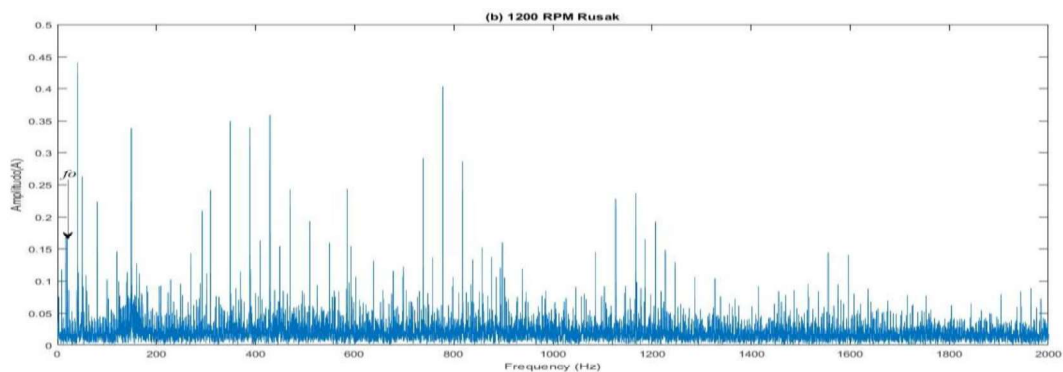
Hasil plot grafik domain waktu pada pengujian rusak jamak pada bantalan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Domain Waktu Rusak Jamak (*Multi-Faults*) Pada Bantalan.

4.3.2 Hasil Plot Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi)

Hasil plot grafik domain frekuensi pada pengujian rusak jamak pada bantalan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



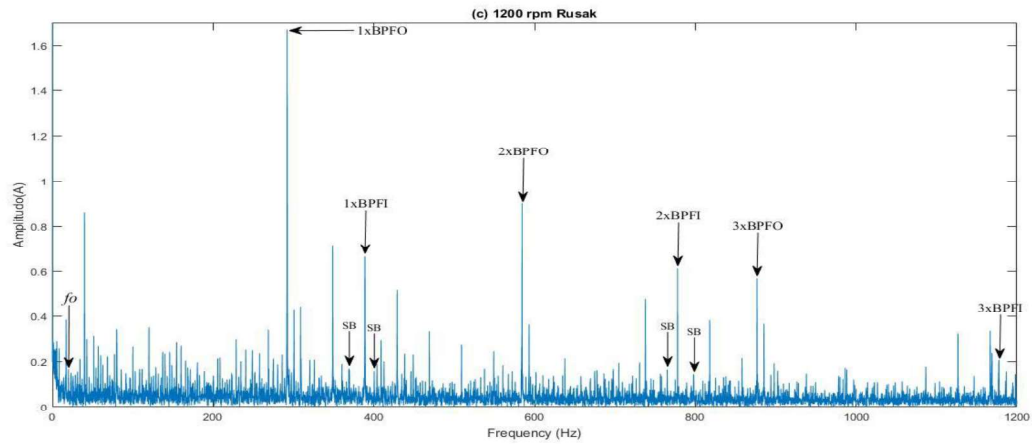
Gambar 4.5 Grafik Domain Frekuensi (Spektrum Frekuensi) Rusak Jamak (*Multi-Faults*) Pada Bantalan.

Pada Gambar 4.5 grafik domain frekuensi rusak jamak (*multi-faults*) pada bantalan menunjukkan adanya indikasi cacat. Akan tetapi, amplitudo frekuensi rusak bantalan masih tertutupi oleh frekuensi dari komponen di sekitar bantalan.

4.3.3 Hasil Plot Analisis Envelope (*Envelope Analysis*)

Hasil spektrum *envelope* rusak jamak (*multi-faults*) bantalan dapat dilihat pada Gambar 4.6 dengan putaran 1200 rpm. Spektrum *envelope* semakin memperjelas adanya rusak jamak (*multi-faults*) pada bantalan. Salah satu cacat yang terlihat dari plot tersebut adalah cacat lintasan dalam pada bantalan. Plot

spektrum *envelope* pada putaran tersebut muncul *side band*, dimana *side band* merupakan karakteristik dari cacat lintasan dalam (BPFI) pada bantalan.



Gambar 4.6 Grafik Analisis Envelope (*Envelope Analysis*) Rusak Jamak (*Multi-Faults*) Pada Bantalan (File Data Set12, Data #10).

4.4 Hasil Perhitungan Analisis Domain Frekuensi dan Analisis *Envelope*

Suatu bantalan dapat dikatakan rusak jamak (*multi-faults*) jika terdapat lebih dari satu cacat pada elemen bantalan tersebut. Rusak jamak (*multi-faults*) pada bantalan dapat diketahui dengan melakukan perhitungan frekuensi secara teoritis yang kemudian dibandingkan dengan hasil yang ada di plot pengukuran. Jika hasil perhitungan secara teoritis berhimpit atau mendekati frekuensi hasil pengukuran, maka mengindikasikan terjadinya cacat pada bantalan secara rusak jamak (*multi-faults*). Penelitian rusak jamak (*multi-faults*) ini terdapat pada lintasan luar (*outer race*) dan lintasan dalam (*inner race*) bantalan. Hasil perhitungan cacat bantalan lintasan luar atau *Ball Pass Frequency Outer Race* (BPFO) dan cacat lintasan dalam atau *Ball Pass Frequency Inner Race* (BPFI) dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Frekuensi Cacat Lintasan Luar Pada Bantalan (BPFO)

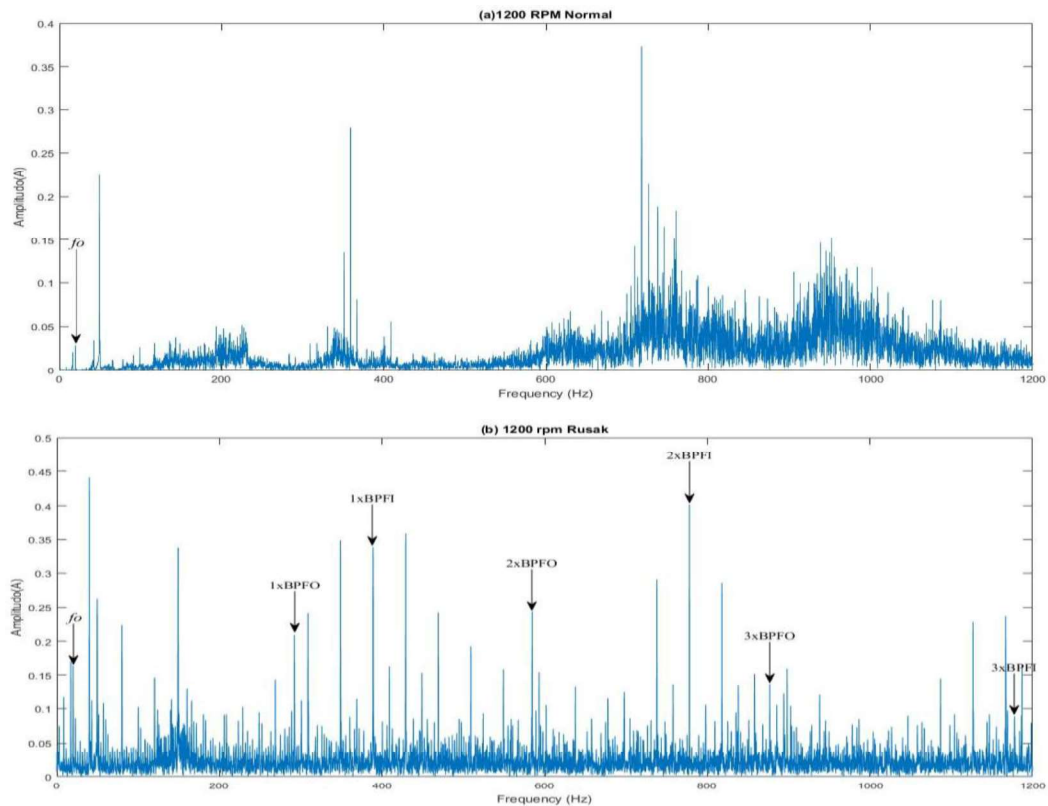
Keterangan	Frekuensi (Hz)
Fo	20.12
1xBPFO	291.99
2xBPFO	584.4
3xBPFO	876.6
4xBPFO	1168.8

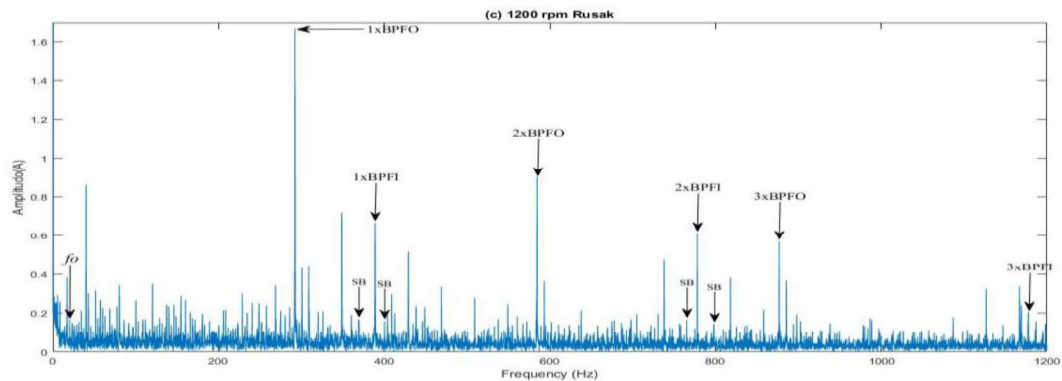
Tabel 4.3 Frekuensi Cacat Lintasan Dalam Pada Bantalan (BPFI)

Keterangan	Frekuensi (Hz)
Fo	20.12
1xBPFI	392.08
2xBPFI	784.16
3xBPFI	1176.24
4xBPFI	1568.32

4.4.1 Hasil Plot Pada Kecepatan Porors 1200 RPM

Gambar 4.7 (a) merupakan hasil plot domain frekuensi bantalan normal, sedangkan Gambar 4.7 (b) merupakan hasil plot domain frekuensi dari bantalan kondisi rusak jamak (*multi-faults*) dan (c) merupakan spektrum *envelope* dari bantalan kondisi rusak jamak (*multi-faults*) yaitu cacat lintasan dalam dan cacat lintasan luar pada kecepatan poros 1200 rpm.





Gambar 4.7 Plot Kondisi Bantalan pada Kecepatan 1200 RPM, (a) Plot Domain Frekuensi Kondisi Normal, (b) Plot Domain Frekuensi rusak jamak (*multi-faults*), dan (c) Spektrum *Envelope* rusak jamak (File Data Set12, Data #10).

Pada Gambar 4.7 (a), hasil plot domain frekuensi bantalan normal tidak menunjukkan adanya indikasi frekuensi rusak pada bantalan. Hasil plot juga menunjukkan tidak ada frekuensi bantalan yang muncul dengan amplitudo tinggi, sehingga tidak perlu dilakukan analisis *envelope* untuk menganalisa cacat pada bantalan normal.

Hasil plot domain frekuensi pada Gambar 4.7 (b), menunjukkan adanya frekuensi rusak bantalan lintasan luar pada harmonik ke 1, 2, dan 3. Plot juga menunjukkan adanya frekuensi cacat lintasan dalam pada harmonik ke 1, 2, dan 3. Akan tetapi, frekuensi yang muncul masih memiliki nilai amplitudo yang tidak terlihat jelas dan masih berhimpit dengan frekuensi dari komponen lain yang tidak diketahui. Sehingga masih sulit untuk mengetahui apakah muncul frekuensi pada rusak bantalan atau tidak. Sedangkan, hasil dari analisis *envelope* pada Gambar 4.7 (c) terlihat berbeda, dimana muncul frekuensi yang sangat jelas sehingga mengindikasikan muncul frekuensi rusak pada bantalan.

Plot hasil analisis *envelope* seperti pada Gambar 4.7 (c), menunjukkan adanya frekuensi rusak jamak (*multi-faults*) yaitu cacat lintasan luar dan lintasan dalam pada bantalan. Terdapat frekuensi dari rusak bantalan lintasan luar pada harmonik ke 1, 2, dan 3, sama halnya dengan frekuensi rusak bantalan lintasan dalam memunculkan frekuensi pada harmonik ke 1, 2, dan 3. Dengan menggunakan rumus BPFO seperti hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 didapatkan frekuensi cacat lintasan dalam 1xBPFO yaitu sebesar 291.99

Hz, sedangkan hasil dari pengamatan pada plot didapat frekuensi sebesar 292.2 Hz dengan nilai amplitudo 1,669. Pada hasil perhitungan 2xBPFO didapat frekuensi sebesar 584.4 Hz, sedangkan hasil dari pengamatan pada plot didapat frekuensi sebesar 584.6 Hz dengan nilai amplitudo 0,9007. Pada hasil perhitungan 3xBPFO didapat frekuensi sebesar 876,6 Hz, sedangkan hasil dari pengamatan pada plot didapat frekuensi sebesar 876,8 Hz dengan nilai amplitudo 0,568. Perbedaan selisih yang terjadi antara perhitungan/teoritik dengan hasil pengukuran pada plot grafik bisa disebabkan karena unbalance pada poros, sehingga pada saat poros berputar maka putarannya tidak konstan. Faktor lain yang bisa terjadi adalah pemasangan bantalan pada rumah bantalan yang kurang sejajar, sehingga pada saat poros berputar, posisi bantalan yang ikut berputar menjadi sedikit miring. Pada hasil perhitungan frekuensi rusak lintasan dalam (BPFI) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 didapatkan frekuensi cacat pada 1xBPFI yaitu sebesar 392.08 Hz, sedangkan hasil dari pengamatan pada plot didapat frekuensi sebesar 388.9 Hz dengan nilai amplitudo 0,664. Pada hasil perhitungan 2xBPFI didapat frekuensi sebesar 784,16 Hz, sedangkan hasil dari pengamatan pada plot didapat frekuensi sebesar 777.9 Hz dengan nilai amplitudo 0,612. Pada hasil perhitungan 3xBPFI didapat frekuensi sebesar 1176.24 Hz, sedangkan hasil dari pengamatan pada plot didapat frekuensi sebesar 1178 Hz dengan nilai amplitudo 0,198.

Hasil plot spektrum *envelope* pada Gambar 4.7 (c) muncul *side bands* pada sisi samping kanan dan kiri dari frekuensi cacat lintasan dalam pada bantalan. *Side bands* terjadi karena pada saat bantalan berputar, posisi cacat bantalan lintasan dalam ikut berputar sesuai dengan putaran poros. Saat cacat bantalan lintasan dalam berputar keatas, beban yang ditumpu akan semakin ringan sehingga amplitudo yang muncul akan semakin rendah. Berbeda saat posisi cacat bantalan lintasan dalam berputar turun kebawah, beban yang ditumpu akan semakin besar sehingga menghasilkan nilai amplitudo yang meningkat dan semakin tinggi. Hal ini akan menggambarkan bentuk sinyal yang muncul pada domain waktu pada bantalan cacat lintasan dalam berbentuk amplitudo modulasi (AM). Sehingga hasil pada FFT amplitudo modulasi ini akan memunculkan *side bands* pada

samping kiri dan kanan frekuensi cacat bantalan pada spektrum envelope. *Side bands* Terlihat jelas pada 1xBPFI dan 2xBPFI yang mana ini merupakan ciri khas dari BPFI.