

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

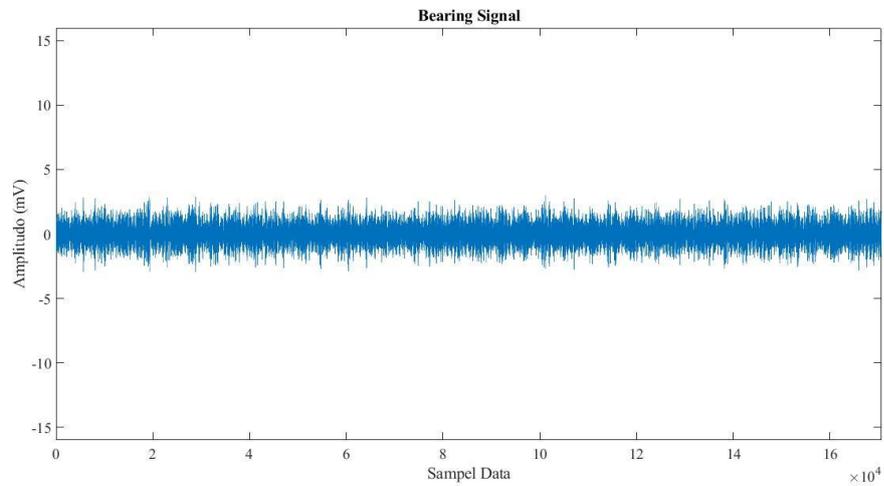
Hasil penelitian dan pembahasan pada tugas akhir ini merupakan analisa dari data-data yang didapat setelah melakukan proses akuisisi data. Proses analisa kerusakan pada bantalan prototipe *fan* industri dilakukan menggunakan metode analisa sinyal getaran dengan analisis *cepstrum*.

4.1. Hasil Perekaman Data Sinyal Getaran

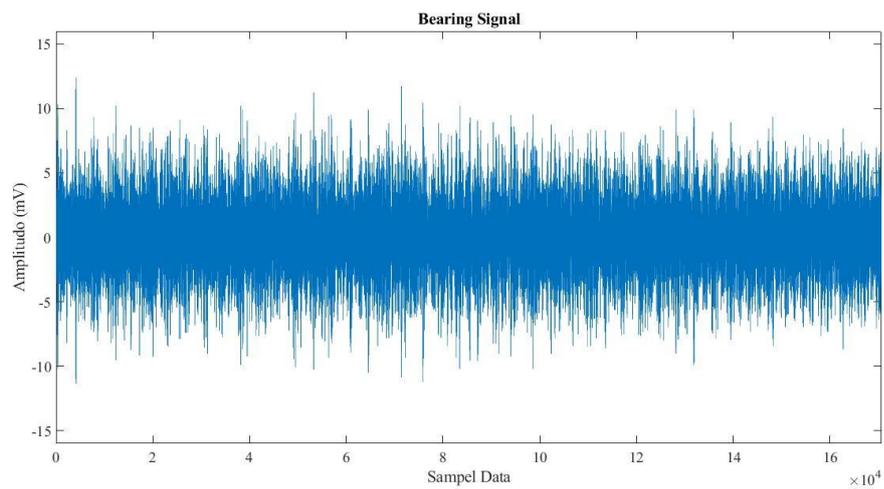
Proses akuisisi data sinyal getaran direkam pada dua kondisi atau variasi yang berbeda yaitu perekaman getaran pada bantalan normal *fan* industri dan perekaman getaran pada bantalan cacat lintasan dalam yang digunakan pada poros *fan* industri. Data sinyal getaran yang diambil sejumlah 10 set data dengan 20 potong data pada setiap setnya. Sinyal data getaran yang diambil merupakan data domain waktu. Setelah diplot menggunakan software MATLAB, grafik domain waktu dari bantalan normal dan bantalan cacat memiliki perbedaan yang cukup terlihat signifikan. Perbedaan tersebut ditunjukkan pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 yaitu hasil plot domain waktu dari data perekaman bantalan normal dan bantalan cacat lintasan dalam.

Tabel 4.1 Hasil Perekaman Data Sinyal Getaran

Kondisi Bantalan	Kecepatan Motor (RPM)	Kecepatan Poros Roda Gigi (RPM)	Kecepatan Poros Bantalan (RPM)	Waktu Perekaman (Detik)	Sampling Rate (Hertz)
Bantalan Normal	2850	1350	570	10	17066
Bantalan Cacat Lintasan Dalam	2850	1350	570	10	17066



(a)

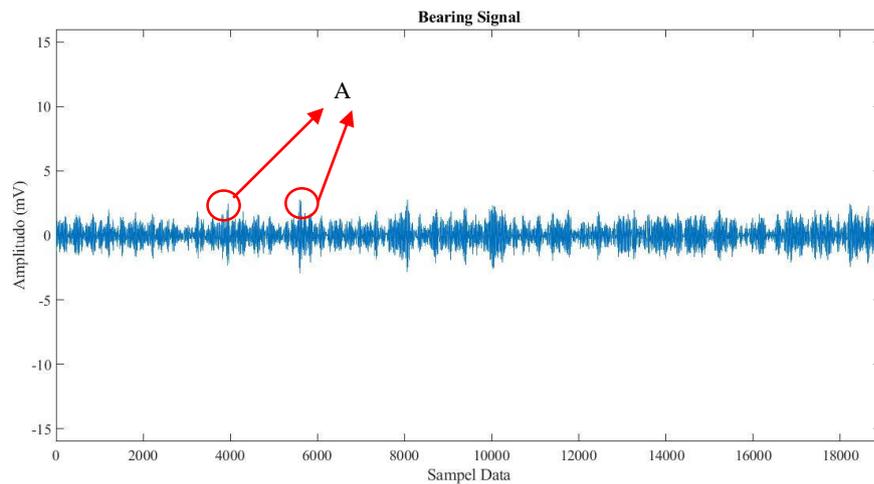


(b)

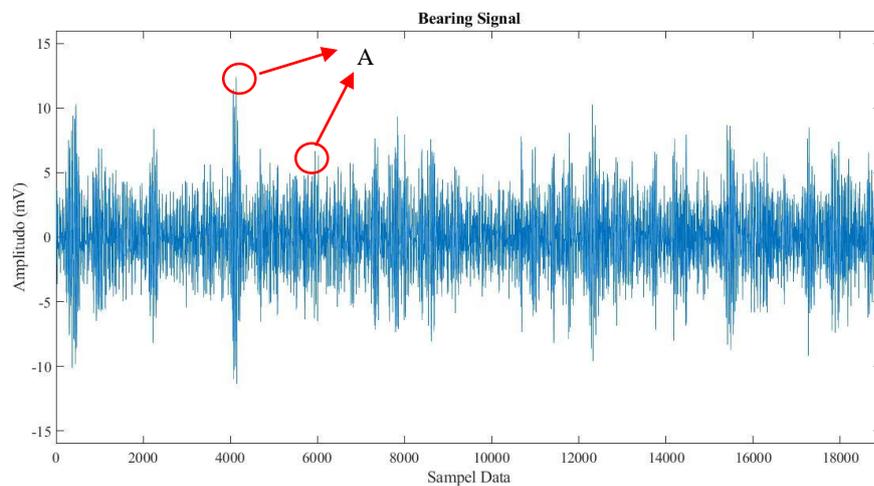
Gambar 4.1 (a) Hasil plot domain waktu bantalan normal, (b) Hasil plot domain waktu bantalan cacat lintasan dalam

Gambar 4.1 menunjukkan adanya perbedaan pada besarnya nilai amplitudo dari grafik domain waktu bantalan normal dan cacat. Jika dilihat pada sumbu Y yaitu sumbu amplitudo, grafik domain waktu bantalan normal memiliki amplitudo getaran paling tinggi berkisar antara nilai 2,5 mV. Sedangkan pada grafik domain waktu bantalan cacat lintasan dalam memiliki amplitudo getaran tertinggi yang berkisar antara nilai 10 mV. Kenaikan amplitudo ini menandakan bahwa *fan*

industri tersebut memiliki masalah dalam operasinya dikarenakan tingkat besarnya getarannya yang meningkat. Untuk memperjelas gambar dari grafik a dan b diatas maka dilakukan perbesaran pada sepuluh kali putaran poros atau 18950 sampel data dengan gambar sebagai berikut :



(a)



(b)

Gambar 4.2 (a) Grafik domain waktu bantalan normal, **(b)** Grafik domain waktu bantalan cacat

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa dampak yang dihasilkan pada grafik domain waktu bantalan normal dengan grafik domain waktu bantalan cacat tersebut

memiliki nilai yang semakin tinggi. Perbedaan tersebut terlihat lebih jelas pada saat dilakukan perbesaran. Impak yang memiliki nilai semakin tinggi tersebut disebabkan oleh adanya cacat yang ada pada lintasan dalam bantalan. Impak yang terjadi pada bantalan cacat dikarenakan cacat pada lintasan dalam bantalan bertumbukan dengan bola-bola bantalan secara terus menerus yang menyebabkan bertambahnya energi getaran yang ditimbulkan oleh bantalan tersebut. Impak pada domain waktu belum atau sulit diketahui impak tersebut berasal dari komponen apa pada sebuah mesin. Seperti impak yang ditunjukkan oleh simbol huruf A tersebut. Peningkatan besarnya nilai amplitudo ini memang menunjukkan adanya indikasi masalah ataupun kerusakan pada sebuah komponen mesin, akan tetapi domain waktu sulit untuk mengidentifikasi komponen mesin bagian mana yang memang mengalami masalah dan kerusakan.

4.2. Hasil Transformasi Domain Waktu ke Domain Frekuensi (FFT)

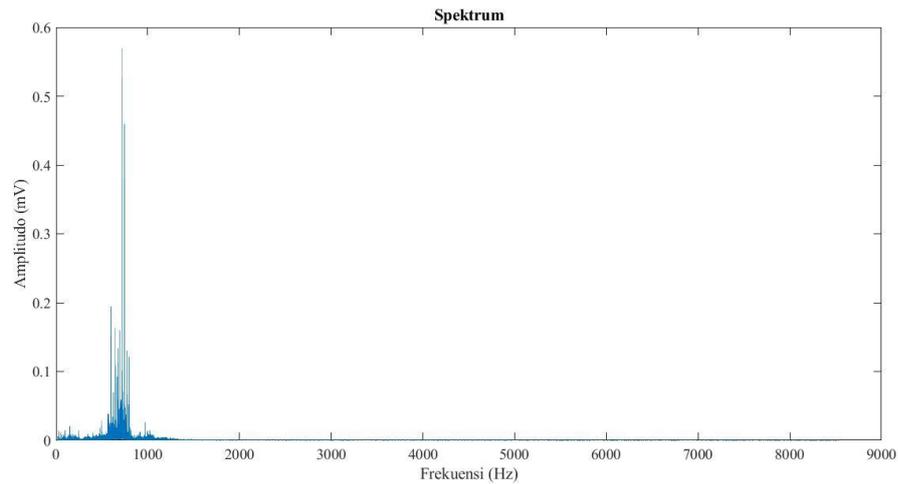
Fast fourier transform atau FFT digunakan untuk mengubah domain waktu yang menunjukkan amplitudo pada sumbu y dan waktu pada sumbu x-nya menjadi domain frekuensi yang menunjukkan amplitudo pada sumbu y dan frekuensi pada sumbu x. Domain frekuensi atau yang biasa disebut dengan spectrum, memerlukan frekuensi-frekuensi komponen mesin yang terkait dengan komponen *fan* industri yang dilakukan perekaman getaran tersebut.

Tabel 4.2 Hasil Konversi Kecepatan Putar menjadi Frekuensi Komponen

	Kecepatan Putar (RPM)	Frekuensi (Hz)
Poros Kipas	550	9,167
Poros Roda Gigi	1350	22,5

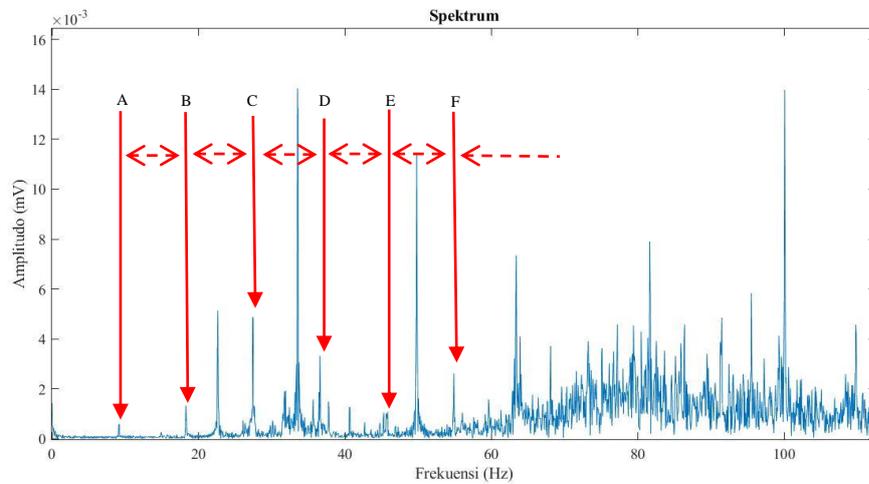
4.2.1. Hasil Plotting Domain Frekuensi (*Spectrum*) Bantalan Normal

Hasil plotting dari data perekaman sinyal getaran yang berbasis domain waktu yang telah diubah menjadi domain frekuensi ditunjukkan pada gambar 4.3 sebagai berikut :



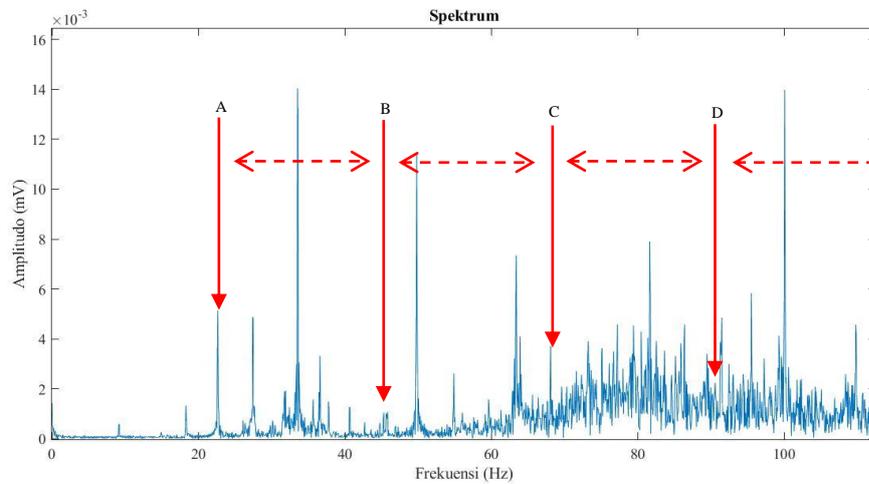
Gambar 4.3 Grafik hasil plotting domain frekuensi Bantalan Normal

Gambar 4.3 menunjukkan grafik dari hasil plotting data perekaman sinyal getaran yang telah diubah menjadi domain frekuensi. Pada grafik tersebut terdapat beberapa amplitudo yang memiliki besar nilai amplitudo yang terlihat lebih tinggi secara signifikan dengan amplitudo lain, Dari grafik tersebut, frekuensi poros bantalan, frekuensi poros roda gigi, frekuensi motor, frekuensi dari blade *fan* dan frekuensi dari cacat bantalan lintasan dalam atau *ball pass frequency inner race* (BPFI) belum terlihat.



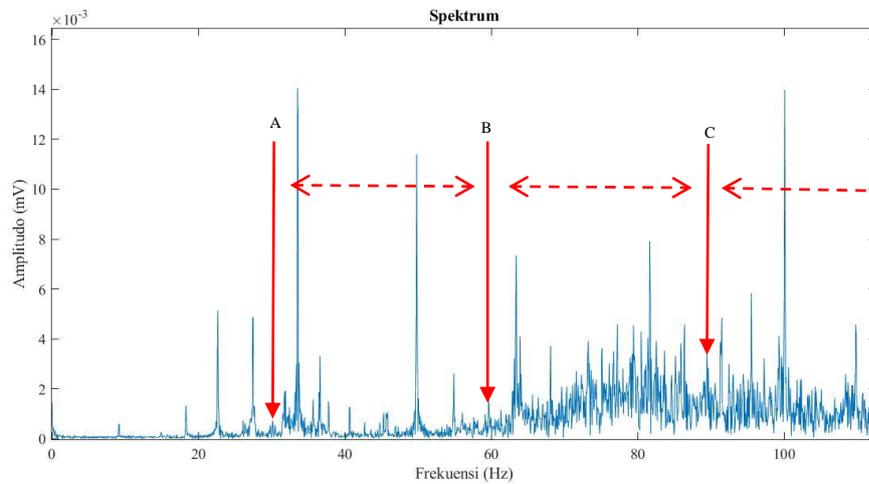
Gambar 4.4 Frekuensi poros Kipas dan harmoniknya pada grafik spectrum

Pada gambar 4.4 diatas menunjukkan ada frekuensi poros bantalan yang muncul pada grafik spectrum. Pada perhitungan konversi kecepatan putar menjadi frekuensi pada tabel 4.2, frekuensi dari poros bantalan normal ini sebesar 9,5 Hz. Akan tetapi, pada pengamatan di grafik spectrum muncul pada frekuensi yang ditunjukkan sebagai simbol huruf A, dengan frekuensi sebesar 9,179 Hz. Pada grafik spectrum tersebut, frekuensi dari poros bantalan memiliki harmonic yang ditunjukkan sebagai simbol huruf B, C, D dan E. Munculnya harmonic pada frekuensi poros bantalan ini disebabkan tidak sempurnanya proses manufaktur atau proses pemasangan poros bantalan tersebut. Harmonic pertama sampai dengan harmonic keempat ditunjukkan sebagai simbol huruf B, C, D, E, F dan seterusnya dengan masing-masing nilai frekuensi sebesar 18,26 Hz, 27,41 Hz, 36,59 Hz, 45,83 Hz dan 54,88 Hz.



Gambar 4.5 Frekuensi poros roda gigi dan harmoniknya pada grafik *spectrum*

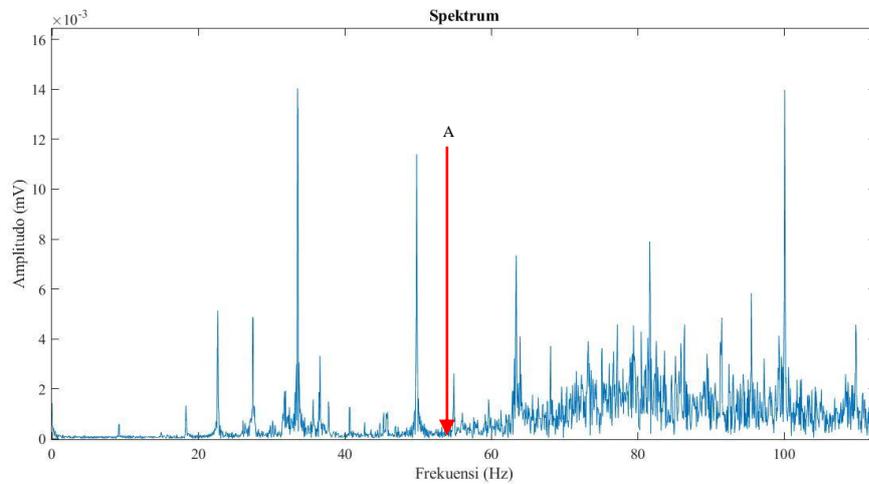
Pada gambar 4.5, frekuensi dari poros roda gigi juga muncul pada grafik domain frekuensi ini yang juga tentu saja diikuti dengan harmonic-harmoniknya. Dalam hasil perhitungan konversi satuan frekuensi dari RPM menjadi Hertz (Hz) pada tabel 4.2, frekuensi dari poros roda gigi adalah 22,5 Hz. Namun pada hasil plot grafik *spectrum* didapatkan frekuensi yang ditunjukkan sebagai simbol A dengan nilai frekuensi sebesar 22,66 Hz. Harmonik pertama sampai dengan keempat ditunjukkan sebagai simbol berturut-turut adalah B, C dan D dengan besar nilai frekuensi berturut-turut adalah 45,31 Hz, 68,1 Hz dan 90,56 Hz. Dalam proses modifikasi alat uji prototipe *fan* industri ini, dilakukan perubahan pada poros motor yaitu penambahan roda gigi melalui proses manufaktur berupa pengelasan dan pembubutan, hal tersebut adalah salah satu penyebab munculnya beberapa harmonik yang ada pada grafik *spectrum* tersebut. Proses pemasangan roda gigi motor dan roda gigi puli yang kurang tepat juga merupakan salah satu penyebab munculnya harmonik dan *noise*.



Gambar 4.6 Frekuensi Sudu kipas pada Grafik *Spectrum*

Pada alat uji coba prototype *fan* industri memiliki 3 buah baling-baling yang digunakan sebagai output aliran udara. Frekuensi dari sudu tersebut didapat dari kecepatan putar poros sudu tersebut tergantung pada banyaknya jumlah sudu, dalam mesin ini frekuensi sudu terhitung sebesar 28,5 Hz.

Gambar 4.6 menunjukkan frekuensi baling-baling yang muncul pada hasil plotting domain frekuensi dari data perekaman sinyal getaran bantalan normal. Frekuensi baling-baling tersebut ditunjukkan sebagai simbol huruf A, yaitu dengan besar frekuensi sebesar 30.14 hz. Pada pengamatan grafik spectrum tersebut, harmonic frekuensi sudu kipas muncul yang ditunjukkan dengan simbol B dan C dengan nilai frekuensi pada grafik adalah 61.33 Hz dan 89,45 Hz.



Gambar 4.7 Frekuensi BPF_I (*Ball Pass Frequency Inner Race*) Bantalan Normal pada Grafik *Spectrum*

Ada beberapa frekuensi yang dapat dihitung pada sebuah bantalan yaitu *Ball Pass Frequency Outer Race* (BPF_O), *Ball Spin Frequency* (BSF), *Fundamental Train Frequency* (FTF) dan *Ball Pass Frequency Inner Race* (BPF_I). Untuk mengetahui frekuensi yang ditimbulkan atau untuk mengecek bantalan tersebut cacat pada lintasan dalamnya atau tidak digunakan frekuensi dari hasil perhitungan BPF_I.

Untuk mengetahui frekuensi BPF_I dari sebuah bantalan digunakan persamaan 2.1 yang dipengaruhi oleh beberapa variable yaitu :

N_b = Jumlah bola

f_r = Frekuensi poros bantalan

B_d = Diameter Bola

P_d = Diameter Pitch

α = Sudut Kontak

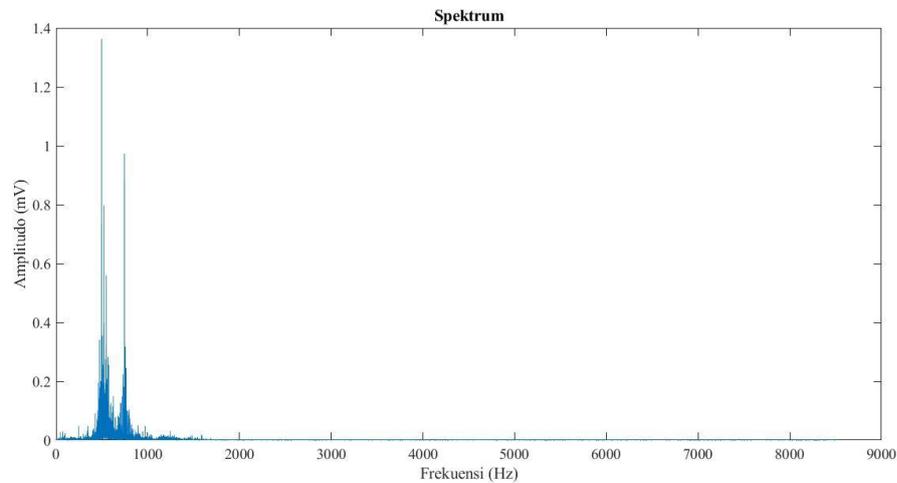
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan BPF_I Bantalan Normal

<i>Nb</i>	10
<i>Fr (Hz)</i>	9,114
<i>Bd (mm)</i>	13
<i>Pd (mm)</i>	65
$\alpha(^{\circ})$	0 ⁰
BPF_I (Hz)	54,68

Pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada frekuensi BPF_I yang ditunjukkan sebagai simbol huruf A dengan besar nilai frekuensinya adalah 54,68 Hz tidak memiliki puncak nilai amplitudo yang tinggi. Pada grafik tersebut, besar nilai amplitudo pada frekuensi BPF_I yaitu 54,08 Hz adalah 0,000363 mV yang tentunya merupakan nilai amplitudo yang sangat kecil. Jadi, pada hasil plot grafik bantalan normal ini besar nilai amplitudo dari frekuensi BPF_I sangat kecil dikarenakan memang tidak ada rusak atau cacat pada bagian lintasan dalam di bantalan sehingga tidak menimbulkan amplitudo yang tinggi pada frekuensi tersebut.

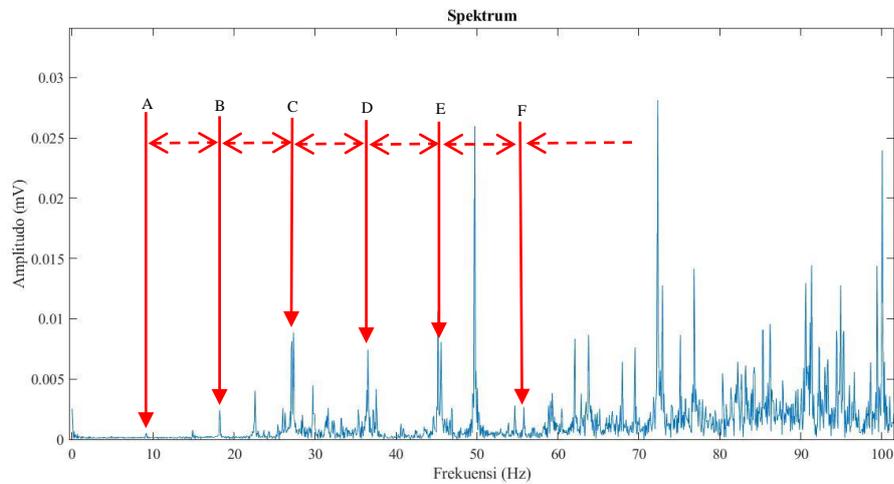
4.2.2. Hasil Plotting Domain Frekuensi (*Spectrum*) Bantalan Cacat Lintasan Dalam

Hasil data perekaman sinyal getaran dari bantalan yang memiliki cacat pada lintasan dalamnya yang data tersebut berbasis domain waktu diubah lagi menjadi domain frekuensi. Hasil dari plotting grafik menggunakan software MATLAB adalah sebagai berikut :



Gambar 4.8 Grafik Hasil Plotting Domain Frekuensi Bantalan Cacat Lintasan Dalam

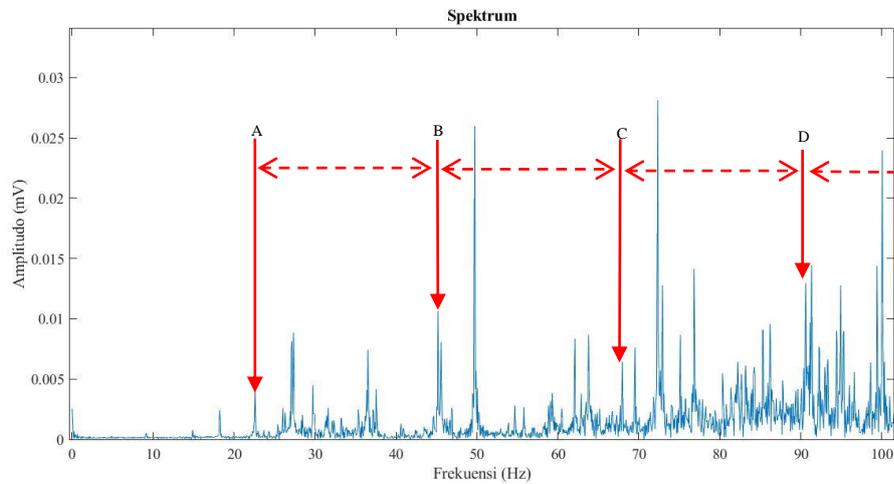
Gambar 4.8 menunjukkan hasil plotting dari konversi domain waktu menjadi domain frekuensi dari data perekaman sinyal getaran dengan bantalan yang memiliki cacat pada lintasan dalamnya. Bentuk dari grafik spectrum antara hasil plotting data bantalan normal dengan data bantalan cacat lintasan dalam tidak mengalami perubahan secara signifikan. Pada grafik bantalan cacat lintasan dalam terdapat beberapa besar nilai amplitudo yang memiliki beda signifikan dengan amplitudo pada frekuensi lain.



Gambar 4.9 Frekuensi poros kipas bantalan cacat lintasan dalam dan harmoniknya pada Grafik *Spektrum*

Pada gambar 4.9 frekuensi dari poros bantalan cacat yang tentunya memiliki kecepatan yang relatif sama dengan poros bantalan normal sehingga memiliki frekuensi yang tidak jauh berbeda. Pada hasil pengamatan grafik *spectrum* tersebut, frekuensi poros bantalan cacat lintasan dalam ditunjukkan dengan simbol huruf A dengan frekuensi sebesar 9,114 Hz. *Harmonic* dari poros tersebut juga muncul yang ditunjukkan dengan simbol huruf berturut-turut B, C, D, E, F dan seterusnya meskipun banyak amplitudo dari frekuensi lain yang mengganggu proses analisa *harmonic* dari poros.

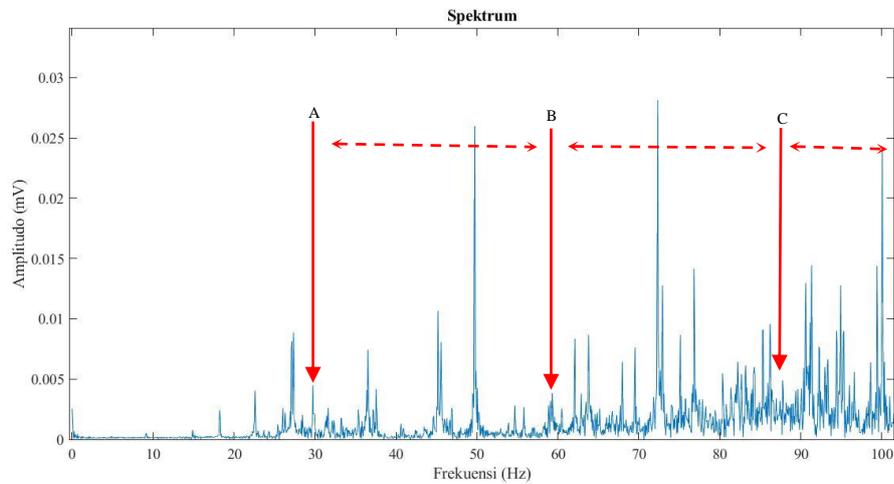
Perubahan besar nilai amplitudo yang terjadi pada poros bantalan tersebut tidak signifikan, karena memang poros tidak mengalami kerusakan atau masalah yang lain sehingga amplitudo dari frekuensi poros tidak berubah secara signifikan. Perubahan yang relatif kecil tersebut mungkin disebabkan oleh gangguan-gangguan (*noise*) dari komponen atau lingkungan luar.



Gambar 4.10 Frekuensi Poros Roda Gigi Bantalan Cacat Lintasan Dalam pada Grafik *Spectrum*

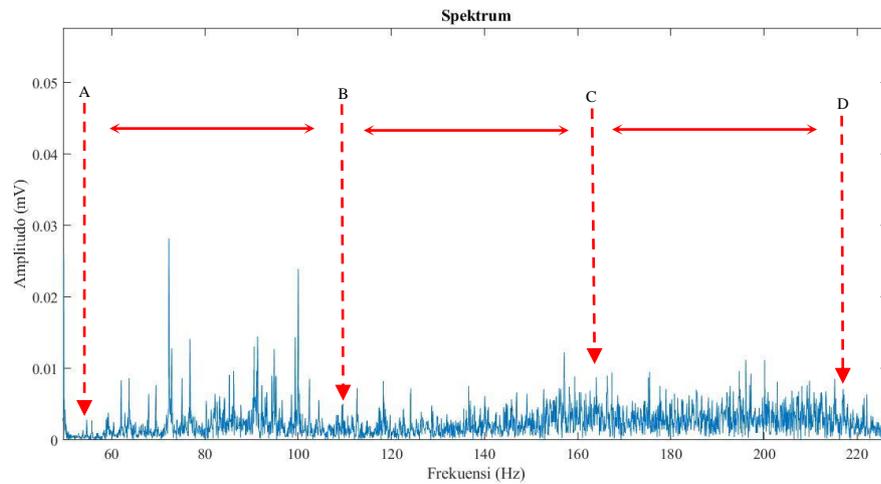
Frekuensi poros roda gigi yang merupakan sistem transmisi yang ada pada alat uji *fan* industri ditunjukkan pada gambar 4.10. Simbol huruf A adalah frekuensi dari poros roda gigi tersebut dengan besar nilai frekuensi 22,59 Hz. Yang diikuti oleh harmoniknya sampai empat kali frekuensi poros roda gigi tersebut. Pada grafik ditunjukkan oleh simbol huruf berturut-turut B, C dan D dengan besar nilai frekuensi berturut-turut adalah 45,12 Hz, 67.84 Hz dan 90,43 Hz.

Perubahan besar nilai amplitudo yang terjadi pada frekuensi poros roda gigi tersebut relatif kecil seperti yang terjadi pada poros bantalan. Dikarenakan poros roda gigi tersebut tidak mengalami kerusakan. Perubahan amplitudo tersebut terjadi mungkin dikarenakan gangguan getaran dari komponen lain atau dari luar sistem *fan* industri tersebut.



Gambar 4.11 Frekuensi Sudu dengan Bantalan Cacat Lintasan Dalam pada Grafik *Spectrum*

Gambar 4.11 menunjukkan frekuensi dari baling-baling dengan bantalan cacat pada lintasan dalam alat uji *fan* industri yang memiliki 3 buah baling-baling. Frekuensi baling-baling pada grafik *spectrum* dengan nilai 29,75 Hz yang ditunjukkan pada grafik dengan simbol huruf A. Jika dibandingkan dengan nilai amplitudo dari frekuensi baling-baling dengan bantalan normal, perubahan nilai amplitudo relatif kecil. Dikarenakan sudu kipas tidak mengalami masalah pada alat uji tersebut. Pada grafik spectrum tersebut terlihat *harmonic* dari sudu muncul sampai tiga kali frekuensi baling-baling yang ditunjukkan dengan simbol huruf B dan C. Besar nilai dari *harmonic* tersebut masing-masing adalah 59,31 Hz dan 87,76 Hz.



Gambar 4.12 Frekuensi *Ball Pass Frequency Inner Race* (BPFI) Bantalan Cacat Lintasan Dalam pada Grafik *Spectrum*

Grafik *Spectrum* pada gambar 4.12 tersebut menunjukkan pada frekuensi 54,69 Hz yang pada grafik ditunjukkan dengan simbol huruf A. Frekuensi tersebut merupakan frekuensi dari BPFI yang didapatkan dari persamaan 4.3. Berikut adalah tabel hasil perhitungan frekuensi BPFI tersebut :

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan BPFI Bantalan Cacat Lintasan Dalam

<i>Nb</i>	10
<i>Fr (Hz)</i>	9,114
<i>Bd (mm)</i>	13
<i>Pd (mm)</i>	65
$\alpha(^{\circ})$	0⁰
BPFI (Hz)	54,68

Tabel 4.5 Perhitungan BPFİ dan Harmoniknya

Hasil Perhitungan dan Harmonik BPFİ (Hz)	
<i>Fr</i>	9,114
1xBPFİ	54,68
2xBPFİ	109,36
3xBPFİ	164,04
4xBPFİ	218,72

Pada grafik spectrum bantalan normal, frekuensi BPFİ ini memiliki nilai amplitudo sebesar 0,000363 mV. Perubahan amplitudo yang cukup terlihat pada frekuensi BPFİ ini dikarenakan bantalan mengalami kerusakan pada bagian lintasan dalamnya. Amplitudo pada frekuensi BPFİ bantalan cacat tersebut sebesar 0,002812 mV. Hal yang mempengaruhi besarnya perubahan nilai amplitudo ini mungkin terletak pada kedalaman cacat lintasan dalam tersebut. Seperti yang terlihat pada grafik spectrum pada gambar 4.11, tingginya amplitudo dari frekuensi BPFİ masih tertutupi dengan tingginya amplitudo pada frekuensi lain sehingga pada kasus ini terlihat rumit dan hampir tidak terlihat bantalan tersebut telah mengalami kerusakan atau cacat sebelumnya hal ini sejalan dengan penelitian Nacib, dkk (2013) yang meneliti roda gigi pada helicopter menggunakan metode *spectrum*.

Harmonic juga muncul pada grafik *spectrum* tersebut. Pada hasil perhitungan ditabel 4.6, 2xBPFİ memiliki nilai frekuensi sebesar 109,36 Hz. 2xBPFİ muncul pada grafik dengan simbol huruf B dengan nilai 109,2 Hz. Perbedaan frekuensi harmonic hasil perhitungan dengan pengamatan pada grafik juga terjadi pada 3xBPFİ dan 4xBPFİ dengan besar nilai frekuensi adalah 164 Hz dan 218,6 Hz. Munculnya harmonic sampai empat kali frekuensi BPFİ tersebut menandakan bahwa kerusakan bantalan pada lintasan dalam tersebut sudah cukup mempengaruhi kinerja dari bantalan tersebut.

4.3. Hasil Analisa dengan Metode *Cepstrum*

Metode analisa menggunakan *cepstrum* ini yaitu dengan mentransformasikan sinyal data getaran dalam bentuk sinyal spectrum menggunakan *fast fourier transform* dengan suatu logaritma. Dalam software yang digunakan yaitu MATLAB, proses yang dilakukan setelah mendapatkan data sinyal getaran yang berbasis domain waktu yaitu transformasi menjadi domain frekuensi (*spectrum*) dengan menggunakan metode FFT. Setelah itu, hasil dari domain frekuensi yang sebelumnya ditransformasi dari domain waktu di FFT kembali menjadi *cepstrum*.

Untuk dapat menganalisa hasil dari plotting grafik *cepstrum*, sama halnya dengan domain frekuensi (*spectrum*) yang menggunakan frekuensi komponen untuk menentukan adanya masalah atau tidak. *Cepstrum* menggunakan sebuah istilah yaitu *quefreny* yang digunakan untuk meninjau kerusakan atau masalah yang terlihat pada hasil plot grafik *cepstrum*. Besar nilai *quefreny* dapat di tentukan dengan persamaan berikut :

$$q = 1/f_{sp} \dots\dots\dots 4.1$$

Dengan, $q = quefreny$

f_{sp} = frekuensi pada grafik spectrum

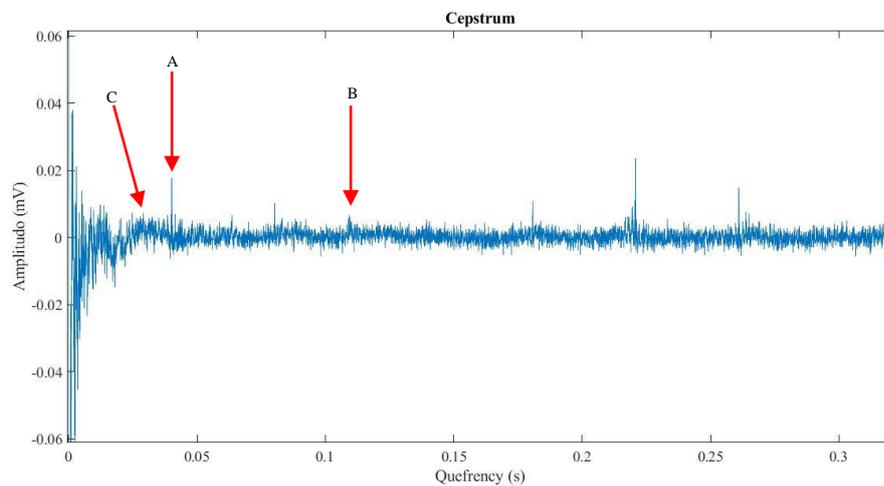
4.3.1. Hasil Analisa Metode *Cepstrum* pada Bantalan Normal

Menggunakan persamaan 4.1, *quefreny* dari setiap frekuensi yang ada pada grafik spectrum yaitu, frekuensi poros bantalan normal, frekuensi poros roda gigi bantalan normal, baling-baling kipas dengan bantalan normal dan frekuensi BPFI (*Ball Pass Frequency Inner Race*) yang hasilnya ditunjukkan pada tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.6 *Quefreny* dari setiap frekuensi pada grafik spectrum

No	Jenis Frekuensi	Frekuensi (Hz)	<i>Quefreny</i> (s)
1	Poros Kipas Bantalan Normal	9,179	0,1089
2	Poros Roda Gigi Bantalan Normal	22,66	0,04413
3	Baling-Baling	29,82	0,03353
4	BPFI	54,69	0.01815

A. Hasil Plotting Grafik *Cepstrum* Bantalan Normal



Gambar 4.13 Plot Grafik *Cepstrum* Bantalan Normal

Gambar 4.13 menunjukkan puncak-puncak dari *quefreny* poros kipas, roda gigi dan sudu kipas. Simbol huruf A menunjukkan puncak dari *quefreny* dari poros roda gigi dengan *quefreny* 0,0414 s. Simbol huruf B menunjukkan puncak dari *quefreny* poros kipas dengan *quefreny* 0,1093 s. Sedangkan *quefreny* dari sudu kipas sebesar 0,02906 s ditunjukkan oleh simbol huruf C. Munculnya puncak-puncak pada *quefreny* beberapa komponen kipas industri tersebut dikarenakan komponen tersebut memiliki beberapa harmonic yang ada pada grafik spectrum. Terlihat pada grafik *cepstrum*, puncak-puncak yang tinggi berkurang sehingga mempermudah menganalisa *quefreny* dari sebuah komponen yang ada pada mesin.

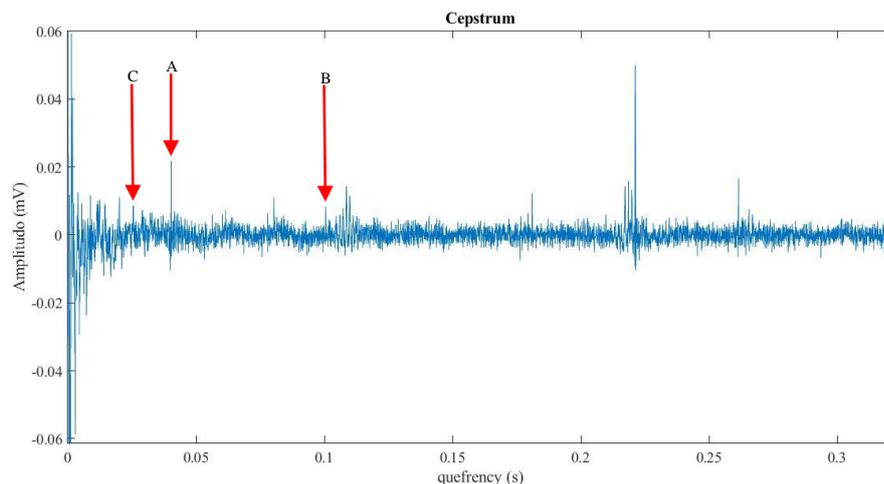
4.3.2. Hasil Analisa Metode *Cepstrum* pada Bantalan Cacat Lintasan Dalam

Tabel 4.8 menunjukkan hasil konversi dari frekuensi-frekuensi komponen yang muncul pada grafik domain frekuensi (*spectrum*) menjadi *quefrequency* menggunakan persamaan 4.1. Besar nilai *quefrequency* tersebut digunakan sebagai acuan dalam analisa pada hasil plotting grafik *cepstrum*. Tabel tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7 Qufrency dari setiap frekuensi komponen pada bantalan cacat lintasan dalam

No	Jenis Frekuensi	Frekuensi (Hz)	<i>Quefrequency</i> (s)
1	Poros Kipas Bantalan Normal	9,114	0,1097
2	Poros Roda Gigi Bantalan Normal	22,59	0,04426
3	Baling-Baling	29,75	0,0336
4	BPFI	54,69	0.01828

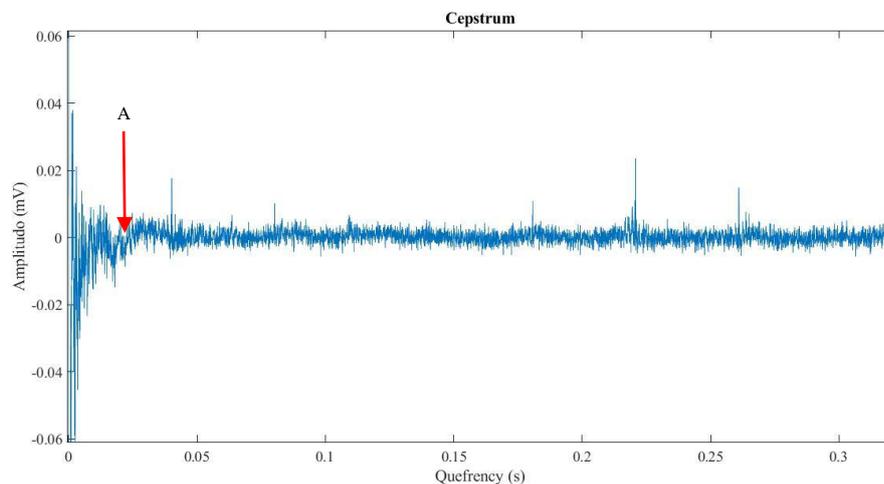
A. Hasil Plotting Grafik *Cepstrum* Bantalan Cacat Lintasan Dalam



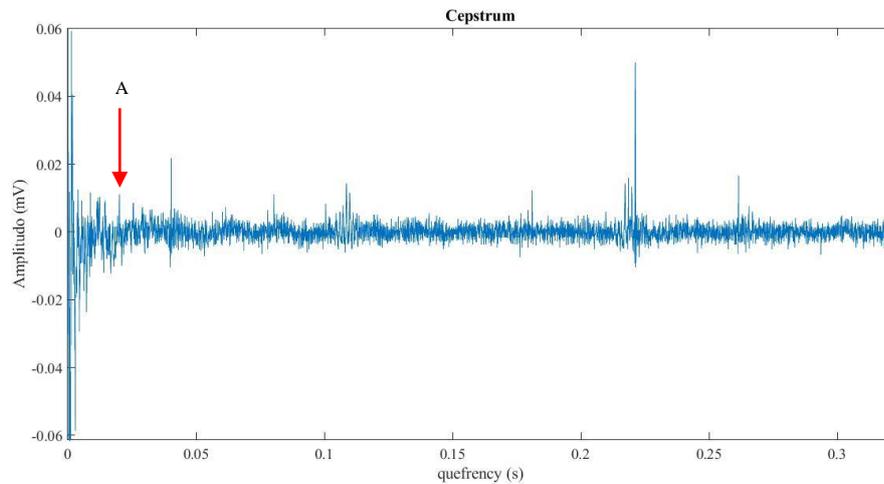
Gambar 4.14 *Quefrequency* Bantalan Cacat pada Grafik *Cepstrum*

Pada gambar 4.14, *quefreny* dari poros kipas bantalan cacat ditunjukkan oleh simbol huruf B dengan nilai *quefreny* sebesar 0,1006 s. Puncak pada *quefreny* poros bantalan cacat yang ada dalam grafik tidak berbeda jauh dengan puncak poros bantalan normal. Karena poros tidak mengalam masalah operasi saat bekerja. Simbol huruf A menunjukkan puncak *quefreny* dari poros roda gigi Besar nilai *quefreny* tersebut adalah 0,04026 s. Perbedaan dengan hasil plot dari poros roda gigi bantalan normal tidak berbeda secara signifikan, karena pada sistem transmisi roda gigi tersebut tidak mengalami cacat atau masalah lainnya. Sedangkan untuk simbol huruf C adalah *quefreny* dari sudu kipas yang menunjukkan nilai sebesar 0,02561 s. perubahan nilai amplitudo juga tidak signifikan karena sudu kipas tidak mengalami kerusakan. Sama seperti pada hasil plot grafik *cepstrum* normal, puncak-puncak dari komponen-komponen tersebut muncul dikarenakan pada grafik spectrum komponen tersebut memiliki keluarga harmonic yang cukup kompleks.

4.3.3. Perbandingan Hasil Plot Grafik *Cepstrum* Bantalan Normal dan Bantalan Cacat Lintasan Dalam



(a)



(b)

Gambar 4.15 (a) Plot Grafik *Cepstrum* Bantalan Normal ; (b) Plot Grafik *Cepstrum* Bantalan Cacat Lintasan Dalam

Pada gambar 4.15 (a) tidak terlihat puncak pada *quefrequency* dari *ball pass frequency inner race* (BPFI) yang seharusnya ditunjukkan oleh simbol huruf A, dikarenakan memang tidak adanya cacat pada bantalan dan tidak menimbulkan amplitudo tinggi dari frekuensi tersebut sehingga pada grafik *cepstrum* pun jelas tidak terlihat amplitudo tinggi dari *quefrequency* tersebut. Sedangkan gambar 4.16 (b) pada grafik *cepstrum* muncul amplitudo dari *quefrequency* BPFI dari hasil pengamatan grafik adalah 0,0201 s yang ditunjukkan oleh simbol huruf A. Hal ini menunjukkan adanya kerusakan pada lintasan dalam bantalan tersebut. Jika dibandingkan dengan analisa grafik *spectrum*, deteksi cacat tersebut lebih mudah dilakukan menggunakan analisis *cepstrum* dikarenakan amplitudo tinggi yang berasal dari keluarga harmonik frekuensi komponen lain tidak terlihat pada grafik *cepstrum*, Seperti pada keluarga *harmonic* dari poros kipas dan juga poros roda gigi yang di interpretasikan menjadi sebuah puncak pada grafik *cepstrum* tersebut. Cacat pada *roller* bantalan SKF yang telah dilakukan oleh Adhitya dan Amoghavarsha (2018) juga dapat dideteksi menggunakan metode *cepstrum* tersebut. Hasil dari plot grafik *cepstrum* tersebut memperbaiki kualitas diagnosa kerusakan seperti yang telah jelaskan oleh Widodo dkk (2015) yang melakukan deteksi kerusakan pada sebuah gearbox dapat diaplikasikan pada bantalan bola di sebuah fan industri. Oleh karena

itu, metode *cepstrum* ini cocok digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada mesin-mesin yang memiliki komponen yang kompleks. Perubahan-perubahan kecil pada kondisi komponen tersebut khususnya bantalan pada kasus ini, dapat diamati dengan lebih teliti dan mudah sehingga dapat diketahui apakah bantalan tersebut berjalan dengan normal atau memiliki indikasi kerusakan dini yang dapat dilakukan tindakan lebih lanjut.

