



ANALISA KONDISI BANTALAN GELINDING DENGAN METODE PENGUKURAN GETARAN DAN *SHOCK PULSE*

Sri Endah Susilowati

ABSTRAK

Bantalan merupakan salah satu komponen yang mempunyai peranan yang sangat penting dalam suatu mesin rotasi. Ini berarti bahwa bantalan adalah komponen yang kritis agar suatu mesin dapat beroperasi. Namun demikian, ada kalanya bantalan rusak sebelum mencapai umur rancangannya. Kerusakan ini dapat disebabkan oleh suaian yang kurang baik, pelumasan yang jelek, beban yang berlebih, ataupun kondisi operasi lain yang tidak ideal terhadap bantalan.

Pada penelitian ini dilakukan analisa karakteristik bantalan gelinding baru dan cacat yang bekerja pada beban dan kecepatan putar mesin yang sama. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik nilai getaran dan shock pulse bantalan gelinding pada kondisi bantalan gelinding baru dan cacat.

Berdasarkan hasil pengujian pada kedua bantalan uji, diperoleh bahwa nilai shock pulse memiliki keterulangan dan histerisis yang lebih baik dibandingkan nilai getaran. Nilai shock pulse dan temperatur meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan putar ataupun beban. Seiring dengan peningkatan kerusakan yang terjadi, nilai dBm, LR, dan HR cenderung meningkat. Nilai dBc bantalan rusak lebih rendah dari bantalan aus pada kecepatan di bawah 1000 RPM, sedangkan pada kecepatan putar di atas 1000 RPM, nilai dBc bantalan rusak lebih tinggi dari bantalan aus. Selain itu, nilai dBm-dBc dan LR-HR untuk bantalan baru dan bantalan aus tidak memiliki perbedaan yang signifikan, tetapi pada bantalan rusak, nilai dBm-dBc dan LR-HR memiliki peningkatan yang cukup signifikan. Nilai getaran tidak menunjukkan kecenderungan yang konsisten seiring dengan peningkatan kerusakan. Spektrum shock pulse bantalan aus menunjukkan karakteristik kelonggaran mekanik, sedangkan spektrum shock pulse bantalan rusak menunjukkan karakteristik kerusakan lintasan luar bantalan. Spektrum getaran pada bantalan aus dan rusak menunjukkan karakteristik kerusakan lintasan luar bantalan.

Kata Kunci :

PENDAHULUAN

Bantalan merupakan salah satu komponen penting dalam suatu mesin rotasi. Bantalan biasanya digunakan sebagai tumpuan poros yang berputar pada mesin rotasi, dan akan memberikan reaksi sebagai akibat dari eksitasi yang ditimbulkan oleh komponen-komponen mesin rotasi.

Dalam dunia industri, banyak terdapat mesin rotasi, sehingga penggunaan bantalan sangat diperlukan. Namun demikian, ada kalanya bantalan tersebut akan rusak sebelum waktu pemakaiannya habis. Kerusakan yang terjadi dapat disebabkan oleh pelumasan yang kurang baik, beban yang berlebih, ataupun kondisi operasi yang tidak ideal terhadap bantalan. Kondisi pelumasan yang tidak sempurna dan adanya pola gerakan yang siklik dapat pula menyebabkan keausan pada bantalan. Ketika keausan pada bantalan melampaui nilai maksimum yang diijinkan, maka tindakan khusus perlu diambil, atau kemungkinan terjadi kerusakan katastrofik pada bantalan tersebut. Oleh karena itu, perlu dikembangkan teknik diagnosis kerusakan untuk mendeteksi (monitoring) kondisi keausan bearing pada motor sebelum mengalami kerusakan katastrofik. Yang paling efektif dari berbagai cara dalam monitoring kondisi bearing adalah dengan shock pulse, analisa getaran (vibration monitoring), oil analysis, performance monitoring,

infrared, dan lain - lain. Bila kerusakan terjadi pada bearing, maka akan terjadi kenaikan tingkat getaran. Dengan melakukan pemantauan kondisi getaran dan sinyal pada shock pulse secara berkala, maka segala sesuatu yang tidak normal dapat dideteksi sebelum kerusakan yang lebih fatal terjadi (Anonymous, 1994).

Identifikasi kondisi bantalan sangat penting dilakukan guna menghindari kerusakan bantalan yang semakin serius. Keuntungan dari penggunaan teknologi perawatan berbasis monitoring kondisi bantalan (pemantauan sinyal getaran dan shock pulse) diantaranya adalah data getaran dan shock pulse yang diperoleh dari motor yang sedang beroperasi dan kebutuhan perbaikan serta diskripsi kerusakannya dapat diketahui tanpa membongkar mesin. Berbagai kerugian akan timbul akibat adanya kerusakan yang terjadi, terutama pada mesin produksi yang termasuk dalam kategori kritis. Kerugiannya adalah kinerja mesin mengalami penurunan sehingga proses produksi terhambat.

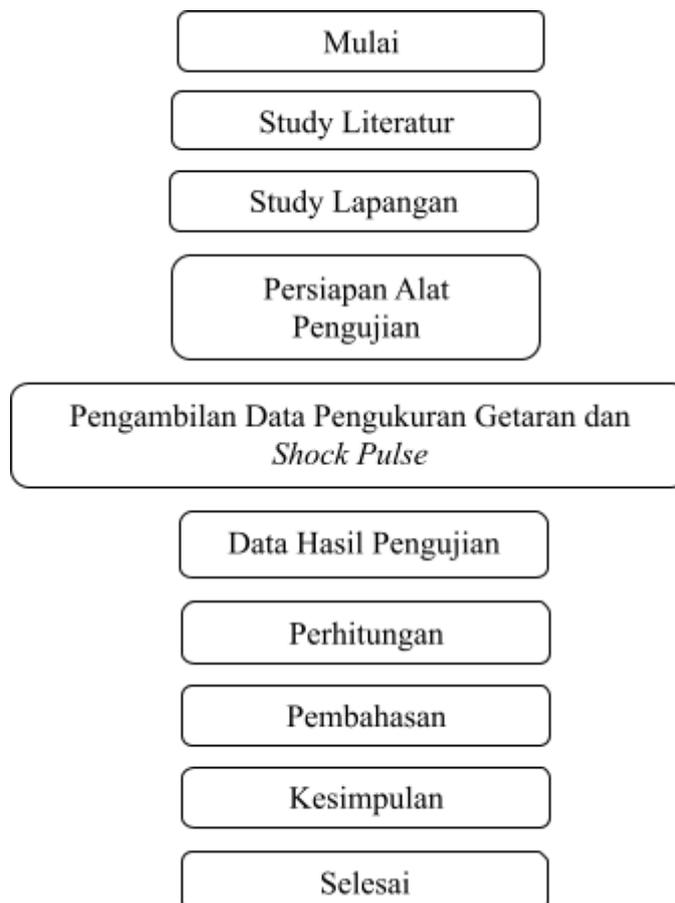
LANDASAN TEORI

Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui karakteristik nilai getaran dan shock pulse bantalan gelinding terhadap kondisi baru dan kondisi cacat. Dan untuk menganalisa perbedaan dari hasil pengukuran bantalan gelinding terhadap kondisi yang mengalami cacat dengan menggunakan parameter shock pulse dan getaran.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4.1 Diagram Alir Pengujian

B. Metode Penelitian

- 1) Proses pengujian dilaksanakan sepenuhnya, terhadap variabel – variabel yang mempengaruhi pengukuran dalam analisa bantalan gelinding dalam kondisi cacat dan baru, dalam hal ini metode getaran yang digunakan adalah pengukuran nilai amplitudo percepatan $a_{rms}(m/s^2)$ beserta spektrum percepatan/*acceleration* sedangkan metode *shock pulse* yang digunakan adalah pengukuran metode nilai HDm/HDc beserta spektrum SPM HD.
- 2) Teknik pengumpulan data yang diperoleh dari proses pengambilan data menggunakan perangkat akusisi data *Leonova Diamond* buatan SPM dan dibantu dengan perangkat lunak *Condmaster Ruby* buatan SPM terhadap benda uji dua buah bantalan gelinding dengan kondisi cacat dan baru dengan pengukuran keterulangan pada masing-masing metode yang digunakan.
- 3) Metode analisa dan evaluasi data yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan di laboratorium pada masing-masing benda uji adalah secara kualitatif. Dari data inilah akan diperoleh nilai amplitudo dan pola spektrum pada metode getaran dan *shock pulse* terhadap kondisi bantalan gelinding cacat maupun baru. Dapat diperoleh juga perbandingan hasil pengukuran getaran dan *shock pulse*.
- 4) Dari hasil ini penelitian akan mendapatkan kesimpulan yang sebenarnya bagaimana pengaruh pengukuran getaran dan *shock pulse* terhadap kondisi bantalan gelinding yang merupakan salah satu komponen penting dalam mesin rotasi.
- 5) Penyusunan laporan, yang termasuk didalamnya kesimpulan dari hasil yang diperoleh serta pengambilan langkah yang berhubungan terhadap hasil analisa getaran dan *shock pulse* pada benda uji lebih ditekankan, sehingga pada akhirnya tujuan penelitian dapat sepenuhnya tercapai.

C. Perangkat Uji

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

- 1) Terdapat tiga buah bantalan yang digerakkan oleh motor elektrik dengan daya 0,7 kilowatt.
- 2) Putaran motor elektrik 1500 RPM dengan pemindah daya menggunakan rantai sehingga putaran pada bantalan 1365 RPM.
- 3) Hanya dua bantalan yang dilakukan pengujian yaitu bantalan nomor 2 dan nomor 3 seperti pada gambar 4.2.
- 4) Pada bantalan nomor 2 dan nomor 3 menggunakan type bantalan gelinding *roller bearing* dengan nomor ISO bearing NJ204EC SKF. Dengan spesifikasi bantalan sebagai berikut:



Gambar 3.2. Perangkat Uji

- a. Tipe Bantalan nomor.5 yaitu tipeCylindrical Roller Bearing.
- b. Data dimensi bantalan:
 - 1. Diameter Inner (Bagian Dalam) = 25 mm
 - 2. Diameter Outer (Bagian Luar) = 47 mm
 - 3. Mean Diameter (Diameter rata – rata) = 33.5 mm
 - 4. Width (Tebal bantalan) = 14 mm
- c.Maksimal Beban dinamik = 25100 N
- d.Maksimal Beban Statik = 22000 N
- e.Frekuensi komponen bantalan sesuai katalog bantalan nomor ISO NJ 204EC SKF adalah sebagai berikut :
 - 1. $BPFI = \text{Ball Pass Frequency Inner Race} = 4,287 \text{ orders}$
 - 2. $BPFO = \text{Ball Pass Frequency Outer Race} = 6,713 \text{ orders}$
 - 3. $BSF = \text{Ball Spin Frequency} = 2,158 \text{ orders}$
 - 4. $FTF = \text{Fundamental Train Frequency (Cage)} = 0,39 \text{ orders}$
 Dimana : Order = 1x putaran mesin (RPM)

D. Waktu Dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- 1. Proses pengambilan data getaran dan *shock pulse* dilakukan di Laboratorium Training PT. Dwihasa Pirusa sebagai agen tunggal /distributor dari peralatan *SPM Instrument* di Indonesia.
- 2. Waktu pengujian pengambilan data dilakukan pada tanggal 25 April 2009 s/d 30 April 2009.

E. Pelaksanaan Penelitian

Persiapan Perangkat Uji Bantalan Gelinding yang digunakan

Persiapan dari Bantalan Gelinding yang akan di lakukan pengujian adalah sebagai berikut:

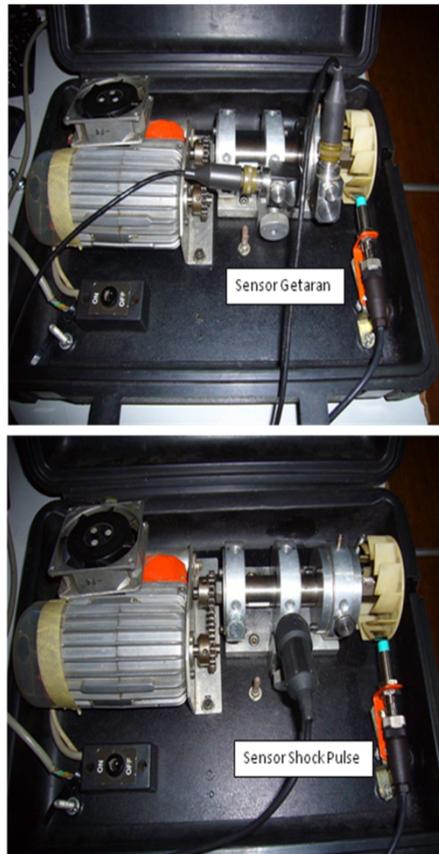
- a. Ada dua buah bantalan gelinding yang akan dilakukan penelitian yaitu bantalan nomor 2 dan nomor 3 seperti gambar 4.2.
- b. Pada kedua bantalan menggunakan type bantalan gelinding yang sama yaitu *roller bearing* dengan nomor *ISO bearing* NU205 SKF.
- c. Kondisi bantalan nomor 2 diberikan cacat dengan goresan/garis pada bagian inner (bagian lintasan dalam) bantalan sedangkan pada bantalan nomor 3 kondisi baru/normal seperti gambar 4.3. Dengan kondisi ini dapat dibandingkan bantalan dengan kondisi cacat dan baru/normal dengan pengukuran getaran dan *shock pulse*.



Gambar 4.3. Kondisi bantalan nomor 2 dan nomor 3

- d. Kedua bantalan dibuat lubang atau dibor ukuran M8 untuk memudahkan dalam pemasangan sensor getaran maupun *shock pulse*.
- e. Pada sensor getaran dapat dipasang langsung sensor pada lubang ukuran M8 pemasangan menggunakan kunci 17 mm seperti pada gambar 4.4. Pada pengukuran *shock pulse* di

pasang adapter SPM pada lubang yang sama pada sensor getaran, pemasangan menggunakan kunci 17 mm agar mendapatkan sinyal bantalan yang baik seperti pada gambar 4.4.



Gambar 3.4. Pemasangan Sensor Getaran dan Shock Pulse

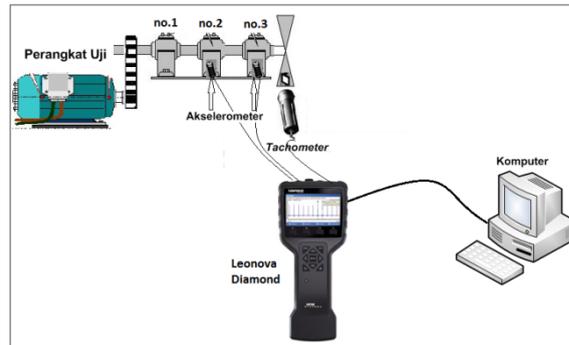
Prosedur Pengukuran Getaran dan Shock Pulse

Hal-hal yang perlu dilakukan pada proses pengukuran getaran dan *shock pulse*:

1) Prosedur Pengukuran Getaran

Gambar 3.5 memperlihatkan skema pengukuran getaran. Pada Gambar ini diperlihatkan seperangkat peralatan yang digunakan pada pengukuran getaran, yaitu:

- Akselerometer yang digunakan untuk mengukur respon getaran yang berupa percepatan.
- Tachometer* yang digunakan untuk mengukur kecepatan putar ketika perangkat uji beroperasi.
- Leonova Diamond* merupakan perangkat akuisisi data pengukuran getaran.
- Komputer yang berfungsi untuk menyimpan dan menampilkan data hasil pengukuran getaran melalui bantuan perangkat lunak *Condmaster Ruby*.



Gambar 3.5. Skema pengukuran getaran

Arah pengukuran getaran *acceleration* pada bantalan gelinding tidak banyak berpengaruh pada hasil pengukurannya sehingga pengukuran hanya dilakukan pada satu arah yaitu arah radial atau pada wilayah beban bantalan tersebut. Lokasi titik pengukuran getaran dapat dilihat pada gambar 3.5.

Pada pengukuran getaran terdapat parameter-parameter pengukuran yang harus dipilih, yaitu:

- | | | |
|----|---|---|
| a. | Metode pengukuran : | Vibration Analysis FFT – <i>Acceleration</i> |
| b. | <i>Short time memory</i> : | <i>Time signal dan Spectrum FFT</i> |
| c. | <i>Long time memory</i> : | <i>Time signal dan Spectrum FFT</i> |
| d. | <i>Trending Graphic unit</i> : | |
| e. | Percepatan/ <i>Accelaration</i> (m/s^2) a_{rms} | |
| f. | <i>Time Signal unit</i> : | Percepatan/ <i>Accelaration</i> (m/s^2) a_{rms} |
| g. | <i>Spectrum unit</i> : | Percepatan/ <i>Accelaration</i> (m/s^2) a_{rms} |
| h. | Frekuensi bawah : | 2 Hz |
| i. | Frekuensi Atas : | 800 Hz |
| j. | Jumlah garis frekuensi : | 1600 Hz, resolusi 0.5 Hz |
| k. | Fungsi jendela : | <i>Hanning</i> |
| l. | Tipe <i>FFT</i> : | Linear |
| | Keluaran hasil pengukuran : | <i>Trending graphic a_{rms}, dan Spectrum FFT.</i> |

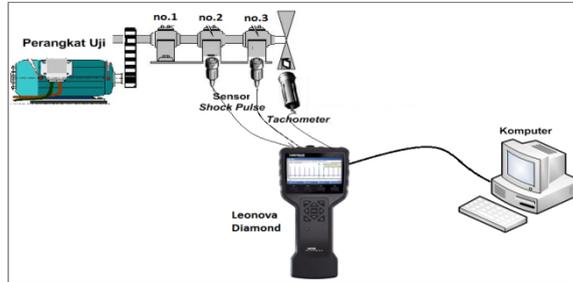
Acceleration Spectrum FFT dan Time Signal adalah analisa getaran yang digunakan khusus untuk melihat dan mendapatkan sinyal frekuensi tinggi seperti bantalan gelinding yang sudah dibahas dalam bab sebelumnya, dengan menggunakan pemrosesan sinyal yang berpusat pada wilayah frekuensi tinggi sehingga dapat melihat sinyal kerusakan bantalan gelinding. Pengukuran getaran *acceleration* ini dilakukan berulang dengan kondisi putaran mesin dan beban yang sama, putaran mesin berputar secara konstan dengan putaran 1360 RPM.

2. Prosedur Pengukuran *Shock Pulse*

Gambar 6. mengilustrasikan skema pengukuran nilai *shock pulse*. Pada gambar ini diperlihatkan seperangkat peralatan yang digunakan pada pengukuran *shock pulse*, yaitu:

- Sensor *shock pulse* yang digunakan untuk mengukur respon *shock pulse* pada perangkat uji.
- Tachometer* yang digunakan untuk mengukur kecepatan putar ketika perangkat uji beroperasi.

- c. *Leonova Diamond* merupakan perangkat akuisisi data pengukuran *shock pulse*.
- d. Komputer yang berfungsi untuk menyimpan dan menampilkan data hasil pengukuran *shock pulse* melalui bantuan perangkat lunak *Condmaster Ruby*.



Gambar 6. Skema pengukuran shock pulse

Pengukuran nilai *shock pulse* dilakukan dengan metode SPM HD (*High Definition*). Arah pengukuran *shock pulse* tidak banyak berpengaruh pada hasil pengukurannya sehingga pengukuran nilai *shock pulse* hanya dilakukan pada satu arah yaitu radial atau pada wilayah beban bantalan tersebut. Lokasi titik pengukuran nilai *shock pulse* diperlihatkan pada gambar 3.6. Pada pengukuran nilai *shock pulse* terdapat parameter-parameter pengukuranyang harus dipilih, yaitu:

- a. Metode pengukuran : SPM HD (*High Definition*)
- b. Waktu pengukuran : 50 revolusi (putaran)
- c. *Short time memory* : *Time signal dan Spectrum FFT*
- d. *Long time memory*: *Time signal dan Spectrum FFT*
- e. *Trending Graphic unit* : HDm/HDc
- f. *Time Signal unit* : *HD²esv (High Definition square Enhanced Shock Value)*
- g. *Spectrum unit* : *HD²esv (High Definition Enhanced Shock Value)*
- h. Rentang frekuensi : 100 Order
- i. Jumlah garis frekuensi : 1600 Hz, resolusi 0.36 Hz
- j. *Symptom enhancement factor* : 10
(Faktor peningkatan symptom digunakan untuk memperkuat gejala kerusakan bantalan)
- k. Akuisi waktu pengukuran : 39.5 detik
- l. Keluaran hasil pengukuran : Grafik *Trending HDm/HDc*, dan *SpectrumHD²esv*.

SPM HD adalah *Metode Shock Pulse* terkini yang diterbitkan tahun 2010 yang digunakan untuk diagnosis cepat, mudah dan dapat diandalkan dari kondisi operasi bantalan elemen bergulir. Teknik digital canggih dari teknologi nano dan berbasis dari pengambilan revolusi sampling RPM membuat SPM HD cocok untuk pengukuran pada aplikasi kecepatan rendah. Pengukuran Shock Pulse HD ini dilakukan berulang dengan kondisi putaran mesin dan beban yang sama, putaran mesin berputar secara konstan dengan putaran 1360 RPM.

Foto Proses Persiapan Pengujian



Gambar 3.6. Perangkat uji sebelum dipasang sensor getaran dan shock pulse



Gambar 3.7. Perangkat uji dengan sensor getaran dan tachometer beserta perangkat akuisi data Leonova Diamond SPM.



Gambar 3.8. Perangkat akuisi data Leonova Diamond SPM beserta sensor dan perangkat lunak Condmaster Ruby SPM

ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Aktual Bantalan Gelinding Baru dan Cacat

Bantalan gelinding yang digunakan pada pengujian ini adalah Tipe NJ204ECP SKF. Pada Gambar 5.1 diperlihatkan kondisi bantalan gelinding baru pada bantalan nomor 3 pada alat uji. Pada gambar ini tampak bahwa permukaan lintasan luar dan elemen gelinding bantalan masih dalam kondisi baik.



Gambar 4.1. Pengamatan visual kondisi bantalan gelinding baru

Pada Gambar 4.2 diperlihatkan kondisi bantalan gelinding cacat dengan tipe bantalan yang sama dan bantalan nomor 2 pada alat uji. Pada gambar ini tampak bahwa adanya cacat yang diberikan pada permukaan lintasan dalam bantalan gelinding atau *Ball Pass Frequency Inner* (BPFI) yang diuji.



Gambar 4.2. Pengamatan visual kondisi bantalan gelinding cacat

Pada penelitian ini dilakukan pengujian keterulangan pada kecepatan putar konstan 1365 rpm. Tujuannya adalah untuk mengetahui keterulangan nilai getaran dan *shock pulse* yang akan diukur dan mengetahui pola spektrum getaran dan *shock pulse* pada kondisi bantalan gelinding baru.

B. Perhitungan *Ball Pass Frequency Inner* (BPFI)

Perhitungan *Ball Pass Frequency Inner* (BPFI) atau permukaan lintasan bagian dalam bantalan gelinding pada Tipe NJ204EC SKF adalah :

$$BPFI = \frac{Nb}{2} \times S \times \left(1 + \frac{Bd}{Pd} \times \cos \vartheta\right)$$

Dimana :

- RPM* = *revolutions per minute*
- S* = *Frekuensi putar atau RPM/60(Hz)*
- Bd* = *ball or roller diameter*
- Nb* = *number of balls or rollers*

Pd =pitchdiameter
 = contact angle

Maka :

$$\begin{aligned} \text{BPFI} &= 11/2 \times 22,75 \times (1 + 7,1/33,5 \times \cos 45) \\ &= 5.5 \times 22.75 \times (1 + 0.211 \times 1) \\ &= 151,64 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BPFIM (Modulation)} &= \text{BPFI} + S \text{ atau } \text{BFI} - S \\ &= 151,64 + 22,75 \text{ atau } 151,64 - 22.75 \\ &= 174,39 \text{ Hz atau } 128,89 \text{ Hz} \end{aligned}$$

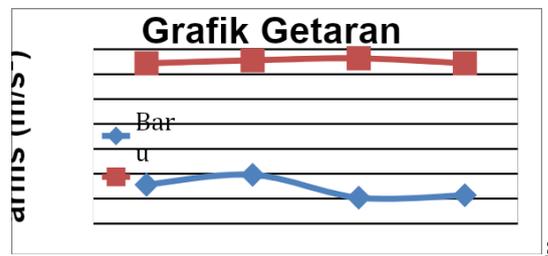
Pada perhitungan frekuensi bearing ini selalu ada selisih sekitar 5 % dari hasil data aktual yang di dapat, frekuensi akan berubah pada data aktual dikarenakan adanya kerusakan bantalan maupun beban atau rpm yang tidak stabil sehingga mempengaruhi frekuensi yang di dapat.

C. Hasil Analisa Pengukuran Getaran

Pengujian getaran menggunakan parameter percepatan /acceleration (m/s^2) rms. Pengujian keterulangan dilakukan pada kecepatan putar 1365 RPM. Pengujian keterulangan ini dilakukan sebanyak empat kali; disebut sebagai Tes I, Tes II, Tes III, dan Tes IV. Nilai getaran rata-rata hasil pengujian keterulangan Tes I, Tes II, Tes III, dan Tes IV masing-masing diperlihatkan pada Tabel 4.1. Nilai getaran percepatana_{rms} rata-rata hasil pengujian keterulangan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik keterulangan nilai a_{rms} pengukuran ditampilkan pada Gambar 5.3. Kemudian nilai getaran percepatana_{rms} hasil pengujian keterulangan ditampilkan dalam bentuk spektrum FFT. Spektrum FFT pengukuran ditampilkan pada Gambar 5.4.

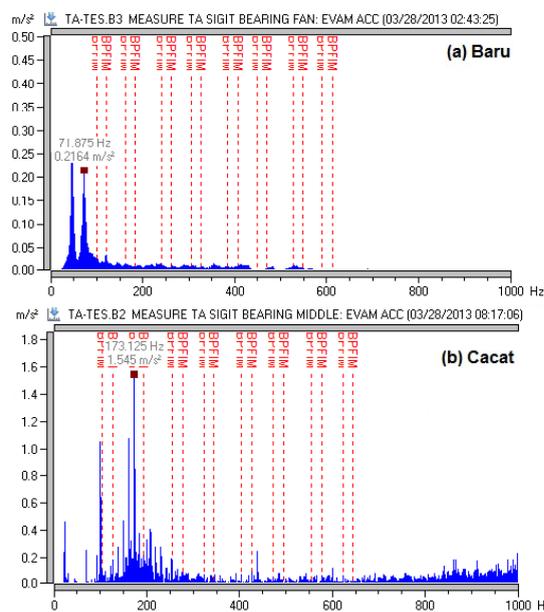
Tabel 4.1 Nilai getaran rata-rata hasil pengujian keterulangan Tes I,II,III,IV

Sample	Getaran Acceleration a_{rms} (m/s^2)	
	Baru	Cacat
Tes I	0,78	3,22
Tes II	0,98	3,28
Tes III	0,52	3,32
Tes IV	0,57	3,22



Gambar 4.3. Grafik getaran percepatan nilai a_{rms} pada keduabantalan

Pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.3, tampak bahwa nilai getaran percepatan/acceleration a_{rms} pada kondisi bantalan gelinding baru sangat rendah dan stabil, sedangkan pada kondisi bantalan gelinding cacat nilai getaran percepatan/acceleration a_{rms} lebih tinggi dengan nilai rata-rata 3,22 m/s^2 . Maka dapat dilihat perbedaan antara bantalan gelinding baru dengan bantalan gelinding cacat dari nilai getaran yang didapat. Nilai a_{rms} ini dapat dilihat lebih lanjut pada Lampiran C.



Gambar 4.4. Spektrum getaran percepatan a_{rms} pada kedua bantalan gelinding

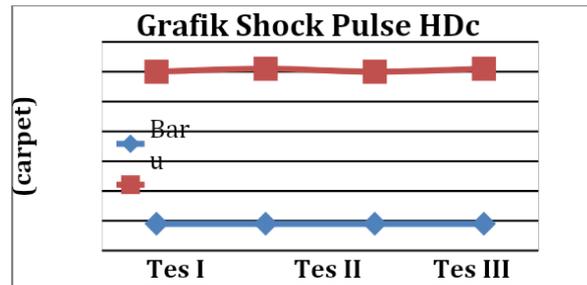
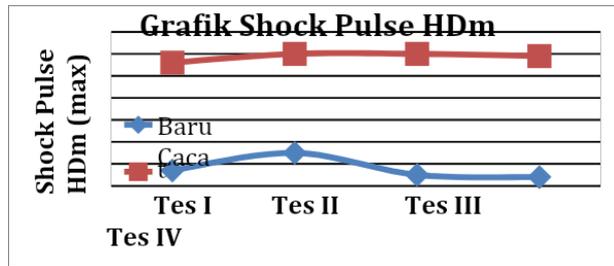
Spektrum getaran percepatan/acceleration pada kecepatan putar 1365 RPM ditampilkan pada Gambar 5.4. Pada gambar-gambar tersebut terlihat bahwa spektrum pada kedua bantalan menunjukkan adanya perbedaan. Pada spektrum kondisi bantalan gelinding baru, belum ada muncul komponen frekuensi yang dominan dan nilai amplitudo masih rendah. Pada spektrum kondisi bantalan gelinding cacat, muncul komponen frekuensi pada BPFIM (Ball Pass Frequency Inner Modulation) pada 173,125 Hz dengan nilai amplitudo 1,545 m/s^2 muncul sebagai akibat dari gangguan awal kerusakan atau cacat pada lintasan dalam bantalan. Spektrum getaran percepatan/acceleration pada kedua bantalan gelinding secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran D.

D. Hasil Analisa Pengukuran Shock Pulse

Pengujian *shock pulse* menggunakan parameter SPM HD. Pengujian keterulangan pada kedua bantalan gelinding dilakukan pada kecepatan putar 1365 RPM. Pengujian keterulangan ini dilakukan sebanyak empat kali; disebut sebagai Tes I, Tes II, Tes III, dan Tes IV. Nilai *shock pulse* HDm/HDc rata-rata hasil pengujian keterulangan Tes I, Tes II, Tes III, dan Tes IV masing-masing diperlihatkan pada Tabel 5.2. Nilai *shock pulse* HDm/HDc rata-rata hasil pengujian keterulangan kedua bantalan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik keterulangan nilai HDm/HDc pengukuran ditampilkan pada Gambar 5.5. Kemudian nilai *shock pulse* HDm/HDc hasil pengujian keterulangan kedua bantalan gelinding ditampilkan dalam bentuk spektrum. Spektrum HD (HD_{esv}) pengukuran ditampilkan pada Gambar 5.6.

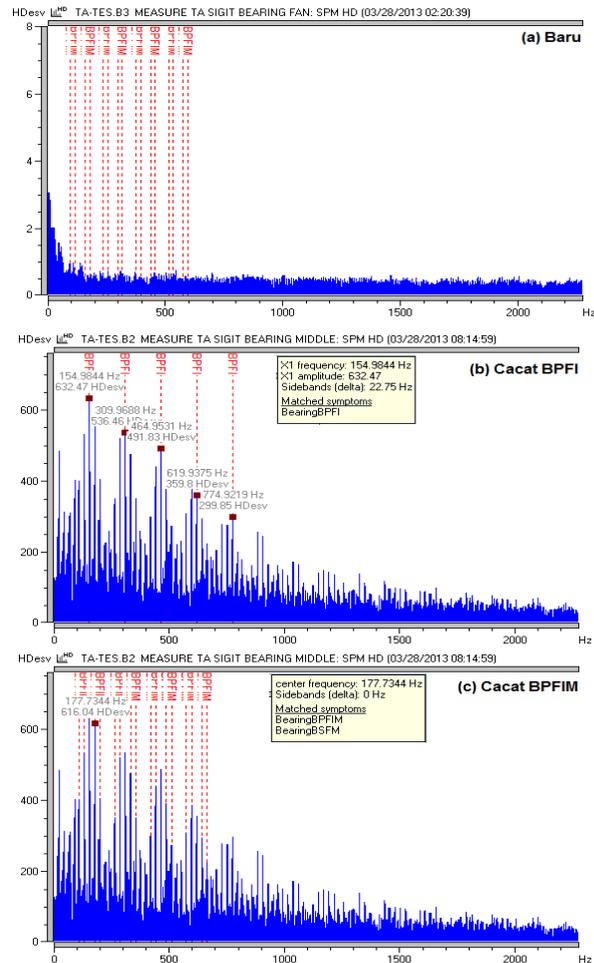
Tabel 2 Nilai getaran rata-rata hasil pengujian keterulangan Tes I,II,III,IV

Sample	Shock Pulse HD			
	Baru		Cacat	
	HDm (max)	HDc (carpet)	HDm (max)	HDc (carpet)
Tes I	-3	-41	46	10
Tes II	5	-41	50	11
Tes III	-5	-41	50	10
Tes IV	-6	-41	49	11



Gambar 4.5. Grafik shock pulse HDm dan HDc pada kedua bantalan

Pada Tabel 5.2. dan Gambar 5.5, tampak bahwa nilai *shock pulse* HDm dan HDc pada kondisi bantalan gelinding baru sangat rendah dan stabil dengan nilai rata-rata -5/-41 HD, sedangkan pada kondisi bantalan gelinding cacat nilai *shock pulse* HDm dan HDc lebih tinggi dengan nilai rata-rata 50/11 HD. Maka dapat dilihat perbedaan antara bantalan gelinding baru dengan bantalan gelinding cacat dari nilai shock pulse HD yang didapat. Nilai HDm dan HDc ini dapat dilihat lebih lanjut pada Lampiran C.



Gambar 4.6. Spektrum shock pulse HDesv pada kedua bantalan

Spektrum *shock pulse HDesv* pada kecepatan putar 1365 RPM ditampilkan pada Gambar 4.6. Pada gambar-gambar tersebut terlihat bahwa spektrum pada kedua bantalan menunjukkan hasil analisa yang berbeda. Pada spektrum bantalan baru, belum ada muncul komponen frekuensi yang dominan dan nilai amplitudo *HDesv* masih rendah. Pada spektrum bantalan rusak, muncul pada komponen frekuensi *BPFi* (*Ball Pass Frequency Inner*) pada frekuensi 154,984 Hz dengan energi shock pulse sebesar 632,47*HDesv* dan muncul juga pada setiap kelipatan frekuensi *BPFi*. Kemudian kembali muncul pada komponen frekuensi *BPFIM* (*Ball Pass Frequency Inner Modulation*) di frekuensi 177,734 Hz dengan energi shock pulse sebesar 616,04*HDesv*. Dengan hasil tersebut jelas spektrum kondisi bantalan gelinding cacat menunjukkan munculnya *BPFi* dan *BPFIM* sebagai akibat dari kerusakan atau cacat pada lintasan dalam bantalan. Spektrum *shock pulse HDesv* lengkap dapat dilihat Lampiran D.

E. Pembahasan

Dari hasil pengujian pengukuran getaran pada kondisi bantalan gelinding baru nilai getaran a_{rms} yang didapat sangat rendah dengan nilai 0,52 m/s^2 - 0,98 m/s^2 , dengan hasil ini sesuai dengan kondisi bantalan yang masih baru. Hasil pengukuran getaran pada kondisi bantalan gelinding cacat nilai getaran a_{rms} yang didapat lebih tinggi dengan nilai 3,22 m/s^2 - 3,32 m/s^2 dengan hasil pengujian ini dapat dibandingkan bahwa nilai getaran pada kondisi bantalan gelinding cacat lebih tinggi daripada kondisi bantalan gelinding baru.

Dari hasil spektrum getaran pada kondisi bantalan gelinding baru terlihat belum ada komponen frekuensi yang dominan dan nilai amplitudo spektrum masih rendah. Hasil

spektrum getaran pada kondisi bantalan gelinding cacat sudah terlihat komponen frekuensi yang muncul pada *BPFIM (Ball Pass Frequency Inner Modulation)* pada frekuensi 173,125 Hz dengan nilai amplitudo 1,545 m/s², dengan hasil ini komponen frekuensi yang didapat sesuai dengan rumus perhitungan *BPFIM* yang menandakan bahwa sudah mulai ada kerusakan awal atau gangguan pada lintasan dalam bantalan gelinding dan dengan hasil ini kita dapat membandingkan karakteristik kondisi bantalan.

Dari hasil pengukuran *shock pulse HD* pada kondisi bantalan gelinding baru nilai HDm/HDC yang didapat sangat rendah dengan nilai minus (-) pada HDm maupun HDC, dalam hal ini mengartikan bahwa kondisi bantalan masih baik atau normal, dengan hasil ini sesuai dengan kondisi bantalan yang masih baru. Hasil pengukuran *shock pulse HD* pada kondisi bantalan gelinding cacat nilai HDm/HDC yang didapat sangat tinggi dengan nilai 46 – 50 HDm dan 10-11 HDC, dengan hasil pengujian ini dapat dibandingkan bahwa nilai *shock pulse* pada kondisi bantalan gelinding cacat sangat tinggi dan signifikan daripada kondisi bantalan gelinding baru.

Dari hasil spektrum *shock pulse HD* pada kondisi bantalan gelinding baru terlihat belum ada komponen frekuensi yang dominan dan nilai amplitudo spektrum masih rendah. Hasil spektrum *shock pulse HD* pada kondisi bantalan gelinding cacat sudah terlihat komponen frekuensi yang muncul pada *BPFI (Ball Pass Frequency Inner)* pada frekuensi 154,984 Hz dengan energi shock pulse sebesar 632,47HDesv dan muncul juga pada setiap kelipatan frekuensi BPFI. Kemudian kembali muncul pada komponen frekuensi *BPFIM (Ball Pass Frequency Inner Modulation)* di frekuensi 177,734 Hz dengan energi shock pulse sebesar 616,04HDesv, dengan hasil ini komponen frekuensi yang didapat sesuai dengan rumus perhitungan *BPFI* dan *BPFIM* yang menandakan bahwa sangat jelas sudah ada kerusakan atau cacat pada lintasan dalam bantalan gelinding dan dengan hasil ini kita dapat membandingkan karakteristik kondisi bantalan.

Dari hasil pengukuran getaran dan *shock pulse* yang didapat terlihat bahwa pada kondisi bantalan gelinding baru untuk kedua pengukuran mendapatkan hasil yang sama dengan nilai yang rendah pada masing-masing pengukuran. Pada kondisi bantalan gelinding cacat terlihat bahwa nilai pengukuran shock pulse lebih jelas terlihat komponen frekuensi pada *BPFI* dan *BPFIM* pada spektrum yang didapat, dibandingkan dengan nilai getaran yang didapat yang hanya terlihat komponen frekuensi *BPFIM* saja pada spektrum. Dengan pembahasan ini kita dapat membandingkan karakteristik kondisi bantalan dan membandingkan teknik pengukuran yang digunakan serta memilih teknik pengukuran yang sesuai dalam hal analisa kondisi komponen mesin di lapangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada dua bantalan uji, maka disimpulkan bahwa

- :
1. Pada pengujian pengukuran nilai getaran percepatan a_{rms} pada Tes I, Tes II, Tes III, dan Tes IV pada kondisi bantalan baru diperoleh nilai yang rendah yaitu 0,78 m/s², 0,98 m/s², 0,52 m/s², 0,57 m/s². Sedangkan pada kondisi bantalan gelinding cacat lebih tinggi yaitu 3,22 m/s², 3,28 m/s², 3,32 m/s², 3,22 m/s², hasil ini sesuai dengan kondisi yang dialami bantalan.
 2. Pada pengujian pengukuran nilai *shock pulse HDm/HDC* pada Tes I, Tes II, Tes III, dan Tes IV pada kondisi bantalan baru diperoleh nilai yang rendah yaitu -3/-41 HDm/HDC, 5/-41 HDm/HDC, -5/-41 HDm/HDC, -6/-41 HDm/HDC. Sedangkan pada kondisi bantalan gelinding cacat lebih tinggi yaitu 46/10 HDm/HDC, 50/11 HDm/HDC, 50/10 HDm/HDC, 49/11 HDm/HDC, hasil ini sesuai dengan kondisi yang dialami bantalan.
 3. Hasil spektrum getaran pada kondisi bantalan gelinding baru tidak menunjukkan adanya dominan komponen frekuensi dan nilai amplitudo masih sangat rendah hal ini karena kondisi bantalan yang masih baru dan normal. Sedangkan spektrum getaran pada kondisi bantalan gelinding cacat sudah menunjukkan dominan komponen frekuensi pada *BPFIM (Ball Pass Frequency Inner Modulation)* pada frekuensi 173,125 Hz dengan nilai amplitudo 1,545 m/s², dengan hasil ini komponen frekuensi yang didapat sesuai dengan rumus perhitungan *BPFIM*

- yang menandakan bahwa sudah mulai ada kerusakan awal atau gangguan pada lintasan dalam bantalan gelinding atau *inner bearing*.
4. Hasil spektrum *shock pulse HD* pada kondisi bantalan gelinding baru tidak menunjukkan adanya dominan komponen frekuensi dan nilai amplitudo masih sangat rendah hal ini karena kondisi bantalan yang masih baru dan normal. Sedangkan spektrum *shock pulse HD* pada kondisi bantalan gelinding cacat sudah menunjukkan dominan komponen frekuensi pada BPF_I (*Ball Pass Frequency Inner*) pada frekuensi 154,984 Hz dengan energi shock pulse sebesar 632,47HDesv dan muncul juga pada setiap kelipatan frekuensi BPF_I. Kemudian kembali muncul pada komponen frekuensi BPF_{IM} (*Ball Pass Frequency Inner Modulation*) di frekuensi 177,734 Hz dengan energi shock pulse sebesar 616,04 HDesv, dengan hasil ini komponen frekuensi yang didapat sesuai dengan rumus perhitungan BPF_I dan BPF_{IM} yang menandakan bahwa sangat jelas sudah ada kerusakan atau cacat pada lintasan dalam bantalan gelinding.
 5. Hasil pengujian kedua teknik pengukuran, lebih jelas menggunakan teknik pengukuran *shock pulse* untuk menganalisa cacat dini pada bantalan ketimbang pengukuran getaran, hal ini dikarenakan lebih dominannya komponen frekuensi yang ditampilkan pada pengukuran *shock pulse*.

DAFTAR PUSTAKA

- He, Y., Hu, M., Feng, K., & Jiang, Z. (2021). Bearing condition evaluation based on the shock pulse method and principal resonance analysis. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70, 1-12.
- Sharon, D.,dkk, 1982, *Principles of Analysis Chemistry*, Harcourt Brace College Publisher, New York.
- B. R. Nayana and P. Geethanjali, “Improved identification of various conditions of induction motor bearing faults,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 69, no. 5, pp. 1908–1919, May 2020.
- N. Tandon, G. S. Yadava, and K. M. Ramakrishna, “A comparison of some condition monitoring techniques for the detection of defect in induction motor ball bearings,” *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 21, no. 1, pp. 244–256, Jan. 2007.
- L. Song, H. Wang, and P. Chen, “Vibration-based intelligent fault diagnosis for roller bearings in low-speed rotating machinery,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 67, no. 8, pp. 1887–1899, Aug. 2018.
- Y. Zhang, L. Duan, and M. Duan, “A new feature extraction approach using improved symbolic aggregate approximation for machinery intelligent diagnosis,” *Measurement*, vol. 133, pp. 468–478, Feb. 2019.
- Alfiansah, I. (2022). Deteksi Kerusakan Bearing Pada Drum Washer Dengan Metode Shock Pulse.
- Aji, K. (2017). Deteksi kerusakan bantalan gelinding pada pompa sentrifugal dengan analisa sinyal getaran.
- Morando, L., “*Measuring Shock Pulse*”, www.spminstrument.com, diakses bulan Februari 2013.
- Piersol, Allan.,Paez, Thomas., 2009, *Harri's Shock and Vibration Handbook*, McGraw-Hill Education, New York.

