

Analisis Getaran Pengaruh Variabel *Misalignment*

Azhari Akbar¹, Djoko W Karmiadji¹

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Email: ab4y24@gmail.com, dkarmiadji@rocketmail.com

ABSTRAK

Getaran adalah bagian dari dinamika yang berhubungan dengan gerakan elemen mekanis dan struktur, akan tetapi getaran yang berlebih justru dapat merusak peralatan. Getaran yang diakibatkan oleh *misalignment* adalah suatu kondisi pada poros-kopling yang terhubung tidak berada dalam satu garis sumbu. Penelitian ini bertujuan menemukan frekuensi getaran akibat misalignment pada mesin yang beroperasi pada 3000 rpm dan menentukan umur pemakaian bearing pada mesin yang tetap beroperasi dalam keadaan vibrasi akibat misalignment. Penelitian ini dilakukan pada pompa sentrifugal yang menggunakan bearing 6310 C3 dengan penyimpangan misalignment 0,19 mm dan 0,09 mm, pengambilan data dilakukan pada titik bearing pompa DE dan NDE posisi horizontal, vertikal, dan axial. Metode untuk pengambilan data adalah vibrasi overall velocity, spectrum FFT, dan enveloping bearing. Selanjutnya data yang diperoleh dianalisis menggunakan trendline software. Hasil penelitian pada pompa yang beroperasi dengan 3000 rpm, frekuensi misalignment muncul di 1 dan 2 order atau pada frekuensi 50 Hz dan 100 Hz. Pada penyimpangan misalignment 0,19 mm, dihari ke lima belas ditemukan indikasi cacat bearing dominan terjadi pada inner race bearing DE atau pada frekuensi 247,6 Hz dengan nilai amplitudo 5,418 m/s². Sedangkan pada penyimpangan misalignment 0,09 mm, dihari ke empat puluh dua ditemukan indikasi cacat bearing dominan terjadi pada rolling element bearing DE atau pada frekuensi 198,1 Hz dengan nilai amplitudo 4,135 m/s², dan pada bearing NDE cacat bearing dominan terjadi pada outer race atau pada frekuensi 125,4 Hz dengan nilai amplitudo 4,115 m/s².

Kata kunci: *Vibrasi, Misalignment, Spectrum, Enveloping Bearing.*

ABSTRACT

Vibration is part of the dynamics associated with the movement of mechanical elements and structures, but excessive vibration can actually damage equipment. Vibration caused by misalignment is a condition in the coupling shaft which is connected not in one axis line. This study aims to find the vibration frequency due to misalignment in machines operating at 3000 rpm and to determine the service life of bearings in machines that continue to operate in a vibration state due to misalignment. This research was conducted on a centrifugal pump using a bearing 6310 C3 with a misalignment deviation of 0.19 mm and 0.09 mm, data collection was carried out at the bearing points of DE and NDE pumps in horizontal, vertical, and axial positions. Methods for data collection are overall velocity vibration, FFT spectrum, and enveloping bearing. Furthermore, the data obtained were analyzed using trendline software. The results of research on pumps operating at 3000 rpm, misalignment frequencies appear in the 1st and 2nd orders or at frequencies of 50 Hz and 100 Hz. On the 0.19 mm misalignment deviation, on the fifteenth day, indications of dominant bearing defects occurred in DE inner race bearings or at a frequency of 247.6 Hz with an amplitude value of 5.418 m/s². Whereas at 0.09 mm misalignment deviation, on the forty-second day, an indication of dominant bearing defects occurred in rolling element bearings DE or at a frequency of 198.1 Hz with an amplitude value of 4.135 m/s², and on NDE bearings dominant bearing defects occurred on the outer race or at a frequency of 125.4 Hz with an amplitude value of 4.115 m/s².

Keywords: *Vibrasi, Misalignment, Spectru, Enveloping Bearing.*

I. PENDAHULUAN

Getaran adalah bagian dari dinamika yang berhubungan dengan gerakan yang sebagian besar dari elemen mekanis dan struktur. Dalam sistem mekanis getaran tidak diinginkan dan dapat merusak peralatan, sebagai contoh getaran dalam mesin kendaraan yang mengalami kelelahan akan mengakibatkan kegagalan. Getaran dapat terjadi dimanapun dan banyak sekali kasus yang dipengaruhi oleh desain teknis, sifat dasar getaran mekanis sering membatasi *performance* suatu peralatan. Dengan adanya permasalahan tersebut, diperlukan solusi untuk analisa getaran dengan mengacu pada teknik manajemen perawatan yang baik [1].

Predictive maintenance jauh lebih baik dari metode perawatan lainnya, ini membuat peningkatan produktivitas, kualitas produk, efektivitas manufaktur dan produksi. Program manajemen *predictive maintenance* sangat efektif dalam penggunaan biaya dan alat, contohnya *monitoring* getaran, *thermography*, serta *tribology* untuk memperoleh aktual kondisi operasional berdasarkan pada data penjadwalan aktivitas pemeliharaan [2].

Mesin adalah struktur yang memiliki massa dan kekakuan, massa mesin tersebut dapat bergetar atau *free vibration*. Analisa getaran dilakukan untuk mengetahui kelainan kondisi mesin. *Vibration* atau getaran pada mesin secara konseptual terjadi karena eksitasi getaran dari lingkungan luar (*forced vibration*) dan dari dalam mesin itu sendiri. Getaran mesin dari dalam (*free vibration*) diakibatkan oleh komponen mesin yang memiliki sifat elastis (*elastic*), getaran pun terjadi pada saat mesin berputar (*rotation*) atau *translation*.

Getaran bersifat unik, dengan menganalisa spectrum getaran dapat menentukan karakteristik atau jenis kerusakan. Getaran yang berasal dari dalam mesin antara lain *Unbalance*, keausan poros (*shaft*), cacat pada bantalan (*bearing*), *misalignment*, dan lain-lain. Getaran mesin tersebut dapat dilakukan analisa dengan menggunakan analisa FFT (*Fast Fourier Transformation*) [3]. Kelebihan dari cara ini adalah dapat menghemat waktu karena deskripsi kerusakan diketahui tanpa membongkar atau menghentikan suatu mesin.

Para ahli berpendapat bahwa 70 sampai 75 persen getaran yang terjadi disebabkan oleh *misalignment*. Hal ini bisa dipahami terjadinya *misalignment* terdiri dari beberapa kejadian berikut ini:

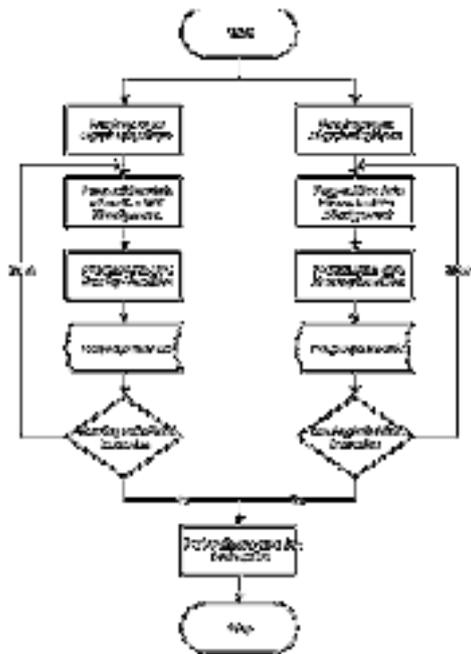
1. Ciri *misalignment* yaitu mempunyai komponen getaran pada frekuensi 2x putaran shaft serta menyebabkan getaran dominan pada arah aksial
2. *Misalignment* berasal dari shaft bengkok atau *bearing* yang tidak *center* serta poros pada kopling yang tidak sejajar
3. *Misalignment* terjadi karena adanya pergerakan atau penyimpangan salah satu bagian mesin dari garis porosnya.
4. Setiap alat yang berputar memiliki sejumlah unbalance, tetapi setiap manufaktur mempunyai batas toleransi terhadap unbalance tersebut.
5. Ketidakseimbangan tersebut kemudian diredam menggunakan bantalan atau *bearing* yang memiliki *clearance*.
6. Pada saat mesin mengalami kondisi *misalignment*, elemen-elemennya mengalami tarikan serta tekanan melalui kopling sehingga berakibat terjadinya gesekan yang berlebih pada elemen putar dan *race* pada *bearing* yang berujung pada keausan *bearing* tersebut [4].

Pengujian kondisi *misalignment* dilakukan dengan memberikan ketidaksejajaran pada bantalan dan kopling. Rotordinamik yang mengalami kasus *misalignment* pada rotor dinamik akan menghasilkan suara dengan amplitudo yang besar pada frekuensi 2x frekuensi kecepatan motor (2xrpm), dan untuk *misalignment* bantalan/tumpuan dan *misalignment* kopling akan menghasilkan suara dengan ciri khas frekuensi yang sama yaitu 2x rpm [5], spektrum *envelope* mempunyai hasil akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan spektrum untuk mendeteksi cacat bantalan [6]

Melalui penelitian ini akan terlihat karakteristik getaran yang terjadi, kelainan getaran yang akan diteliti yaitu penyimpangan kesejajaran poros kopling (*misalignment*).

II. METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan pada pompa centrifugal dengan variabel penyimpangan *misalignment*, pengujian dilakukan sampai dengan tahap indikasi kerusakan pada bearing. Prosedur pengambilan data dapat dilihat pada flowchart Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada saat melakukan penambilan data yaitu: prosedur *misalignment* prosedur pengambilan data *vibrasi*.

A. Prosedur Misalignment

Tabel 1. Toleransi Alignment

	Table 1. Shaft Alignment Tolerances (Short Couplings)			
	Excellent		Acceptable	
Rpm	Offset (mm)	Angularly (mm/m)	Offset (mm)	Angularly (mm/m)
600	5.0	1.0	5.0	1.5
900	3.0	0.7	3.0	1.0
1200	2.5	0.5	4.0	0.8
1800	2.0	0.3	3.0	0.6
3000	1.0	0.2	1.5	0.3
7200	0.5	0.1	1.0	0.2

Short Coupling	750	1500 RPM	3000 RPM
Offset	5.0	3.0	1.5
Angularly	1.0	0.7	0.5
Good Practice coupling tolerances (short couplings)	5.0	3.0	1.5
Offset	5.0	3.0	1.5
Angularly	1.0	0.7	0.5
Good Practice coupling tolerances (long couplings)	5.0	3.0	1.5
Offset	5.0	3.0	1.5
Angularly	1.0	0.7	0.5

1. Toleransi pengukuran standar *alignment* berdasarkan tabel 1 dengan rpm 750, 1500, 3000 dan 6000.
2. Peralatan penelitian yang tersedia dengan rpm 3000, maka pada poin 1 di atas prosedur misalignment yang digunakan menggunakan toleransi alignment dengan variabel rpm 750 dan 1500.
3. *Setting dial indicator* posisi *dial* dapat diletakkan di bagian motor listrik ataupun pompa

4. Lakukan run out dial indicator dengan penambahan atau pengurangan shim sampai data pembacaan dial didapat penyimpangan toleransi sampai 0,19 mm dan 0,09 mm sesuai dengan standar penyimpangan pada rpm 750 & 1500

B. Prosedur pengambilan data *vibrasi*

1. Siapkan *tools vibexpert* dengan memasukkan data rpm, bearing, dan kw terlebih dahulu ke software omnitrend, kemudian lakukan download database dari komputer menuju *tools vibexpert*.
2. Lakukan pengambilan data overall vibration, spectrum vibration, dan bearing condition pada setiap titik bearing.
3. Pengambilan data vibrasi pada bearing di lakukan pada tiga arah, yaitu titik horizontal, vertikal, dan axial.
4. Data di save oleh alat *vibration tools* kemudian dilakukan upload ke *software* omnitrend untuk memudahkan analisa frekuensi getaran.

II.1 Alat yang digunakan

Guna menunjang proses pengumpulan data, maka digunakan alat bantu untuk menunjang pengumpulan dan analisa data. Alat bantu tersebut berupa alat ukur monitoring getaran type Vib Expert II, alat ukur alignment type Dial Indicator toleransi pengukuran 0,01 mm, Alat ukur alignment type Micrometer Outside toleransi pengukuran 0,01 mm dan alat ukur alignment type Tapper Gauge toleransi pengukuran 0,1 mm

II.2 Spesifikasi Bahan Penelitian

Mesin yang akan diteliti menggunakan pompa *centrifugal*, spesifikasi mesin dapat dilihat pada Gambar berikut ini:



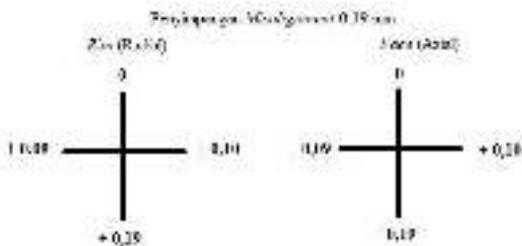
Gambar 2. Pompa Sentrifugal

- Pompa Type : *Centrifugal Pump* (KSB Mega GB 125-200)
- Voltage : 400 V / 50 Hz / 3 Phase
- Power : 45 KW
- Speed : 3000 RPM
- Bearing : DE dan NDE 6310 SKF
- Coupling : *Flexible (Rubber)* (Neupex H-160)
- Lubrication : Oli

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

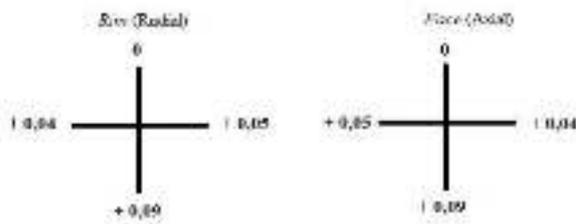
Penyimpangan *misalignment* dibuat menjadi dua tahap antara lain penyimpangan mencapai 0,19 mm dan 0,09 mm. Penyimpangan di *setting rim* (radial) dan *face* (axial). Magnet *dial* berada pada posisi motor dan *dial indicator* berada pada posisi kopling pompa. Perbedaan *setting rim* dan *setting face* adalah *setting rim* posisi *dial* berada pada permukaan kopling, sedangkan pada *setting face* posisi *dial* berada pada sisi samping kopling. Poros diputar untuk memastikan data agar menghasilkan pembacaan sesuai dengan *setting* penyimpangan yang hendak diteliti.

III.1 Data Penyimpangan *Misalignment Dial Indicator*



Gambar 3. Pembacaan *Dial Indicator* *Misalignment* 0,19 mm

Gambar 3. pembacaan *dial indicator* sudah sesuai dengan target penelitian dengan penyimpangan *misalignment* mencapai 0,19 mm



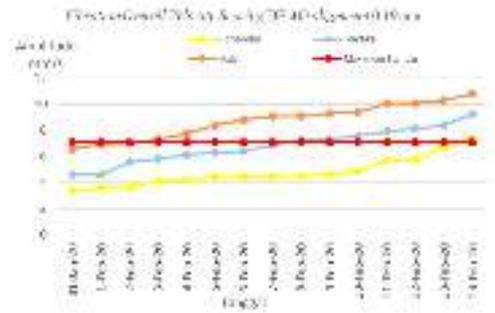
Gambar 4. Pembacaan *Dial Indicator* *Misalignment* 0,09 mm

Gambar 4. pembacaan *dial indicator* sudah mencapai penyimpangan *misalignment* 0,09 mm.

III.2 Hasil Monitoring Data Vibrasi *Bearing DE* Penyimpangan *Misalignment* 0,19 mm

III.2.1 Data Vibrasi Overall Velocity

Pengambilan data dilakukan dengan tiga posisi pada setiap *bearing*, yaitu pada posisi horizontal, vertikal, dan *axial*.



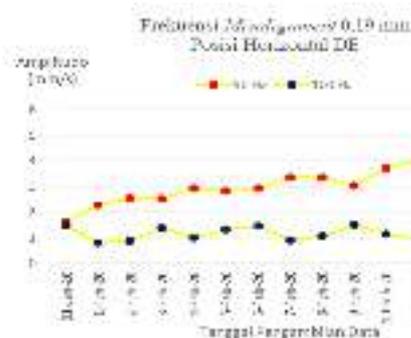
Gambar 5. *Vibration Overall Velocity Bearing DE* Penyimpangan *Misalignment* 0,19 mm

Gambar 5. data *vibrasi overall velocity bearing DE* di tiga posisi terlihat kurva meningkat setiap harinya, setelah dilakukan *setting dial indicator* pompa beroperasi dengan nilai *vibrasi* awal posisi horizontal 3,39 mm/s, vertikal 4,59 mm/s, dan axial 6,57 mm/s. Semakin hari beroperasi nilai *vibrasi* semakin mengalami peningkatan hingga pada akhir operasi di hari ke lima belas nilai *vibrasi* pompa pada posisi horizontal 7,42 mm/s, vertikal 9,28 mm/s, dan axial 10,84 mm/s

III.2.2 Data Frekuensi *Misalignment*

Jika suatu peralatan beroperasi dengan rpm 3000 maka frekuensi yang muncul akibat pengaruh *misalignment* adalah frekuensi 50 hz dan 100 hz. Berikut detail gambaran frekuensi *misalignment* yang menimbulkan terjadinya getaran pada *bearing* pompa DE.

1. Posisi Horizontal

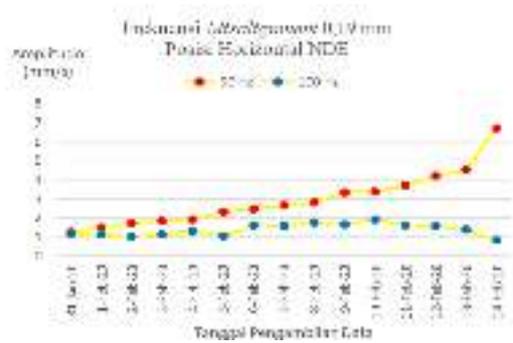


Gambar 6. Kurva Frekuensi *Misalignment* 0,19 mm Horizontal DE

Gambar 6. *vibrasi* awal saat pompa mulai beroperasi adalah 3,39 mm/s dan pada akhir beroperasi *vibrasi* mencapai 7,42 mm/s. Pada Gambar 6. besarnya amplitudo frekuensi 50 hz dan 100 hz atau frekuensi *misalignment* yang muncul saat mulai beroperasi adalah 1,61 mm/s dan 1,42 mm/s dan pada akhir operasi adalah 4,7 mm/s dan 2,33 mm/s.

III.3.2 Data Frekuensi *Misalignment*

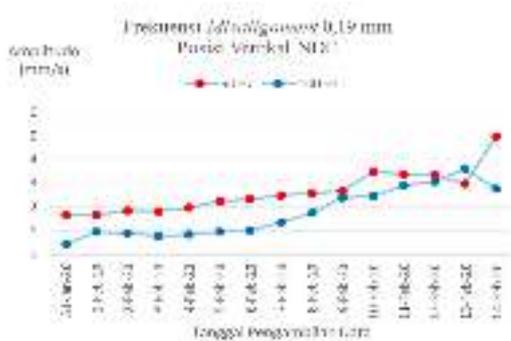
1. Posisi Horizontal



Gambar 11. Kurva Frekuensi *Misalignment* 0,19 mm Horizontal NDE

Gambar 11. *vibrasi* awal saat pompa mulai beroperasi adalah 3,25 mm/s dan pada akhir beroperasi *vibrasi* mencapai 8,17 mm/s. Pada gambar 10. besarnya amplitudo frekuensi 50 hz dan 100 hz atau frekuensi *misalignment* yang muncul saat mulai beroperasi adalah 1,23 mm/s dan 1,15 mm/s dan pada akhir operasi adalah 6,73 mm/s dan 0,81 mm/s.

2. Posisi Vertikal



Gambar 12. Kurva Frekuensi *Misalignment* 0,19 mm Vertikal NDE

Gambar 12. *vibrasi* awal saat pompa mulai beroperasi adalah 2,76 mm/s dan pada akhir beroperasi *vibrasi* mencapai 7,78 mm/s. Besarnya amplitudo frekuensi 50 hz dan 100 hz atau frekuensi *misalignment* yang muncul saat mulai beroperasi adalah 1,67 mm/s dan 0,47 mm/s dan pada akhir operasi adalah 4,96 mm/s dan 2,78 mm/s.

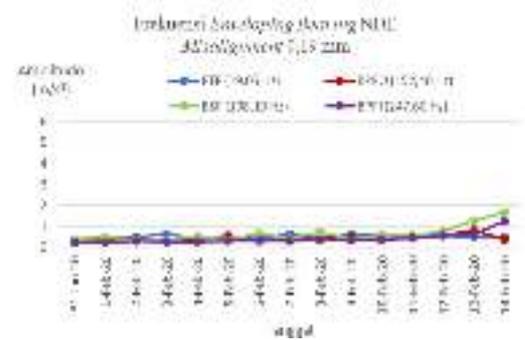
3. Posisi Axial



Gambar 13. Kurva Frekuensi *Misalignment* 0,19 mm Axial NDE

Gambar 13. *vibrasi* awal saat pompa mulai beroperasi adalah 4,83 mm/s dan pada akhir beroperasi *vibrasi* mencapai 8,97 mm/s. Besarnya amplitudo frekuensi 50 hz dan 100 hz atau frekuensi *misalignment* yang muncul saat mulai beroperasi adalah 2,08 mm/s dan 1,17 mm/s dan pada akhir operasi adalah 5,05 mm/s dan 3,91 mm/s.

III.3.3 Data Frekuensi *Enveloping Bearing*



axial DE mencapai 10,84 mm/s dan nilai *amplitudo* frekuensi *misalignment* 1 order serta 2 order mencapai 8,08 mm/s serta 1,97 mm/s (Gambar 8.). Dalam hal ini terlihat nilai *overall* *vibrasi* yang muncul dominan dipengaruhi oleh penyimpangan *misalignment*.

Pada penelitian ini cacat *bearing* dominan terjadi pada *inner race bearing* DE atau pada frekuensi 247,6 hz, terlihat pada gambar 8. trend kurva data *enveloping bearing* yang semakin meningkat, pada gambar 15. terlihat adanya cacat pada *inner race bearing*.



Gambar 15. Kondisi *Bearing* DE Penyimpangan *Misalignment* 0,19 mm

III.5 Hasil Monitoring Data *Vibrasi Bearing* DE Penyimpangan *Misalignment* 0,09 mm

III.5.1 Data *Vibrasi Overall Velocity*



Gambar 16. *Vibration Overall Velocity Bearing* DE Penyimpangan *Misalignment* 0,09 mm

Pengambilan data dilakukan tiga posisi pada setiap *bearing* nya, yaitu pada posisi horizontal, vertikal, dan axial. Pada Gambar 16 data *vibrasi overall velocity bearing* DE di tiga posisi terlihat kurva meningkat setiap harinya, setelah dilakukan *setting dial indicator* pompa beroperasi dengan nilai *vibrasi* awal posisi horizontal 3,00 mm/s, vertikal 3,25 mm/s, dan axial 4,30 mm/s. Semakin hari beroperasi nilai *vibrasi* semakin mengalami peningkatan hingga pada akhir operasi di hari ke empat puluh dua nilai *vibrasi* pompa pada posisi horizontal 7,32 mm/s, vertikal 7,36 mm/s, dan axial 8,68 mm/s.

III.5.2 Data Frekuensi *Misalignment*

Jika suatu peralatan beroperasi dengan rpm 3000 maka frekuensi yang muncul akibat pengaruh *misalignment* adalah frekuensi 50 hz dan 100 hz. Berikut detail gambaran frekuensi *misalignment* yang menimbulkan terjadinya getaran pada *bearing* pompa DE.

1. Posisi Horizontal



Gambar 17. Kurva Frekuensi *Misalignment* 0,09 mm Horizontal DE

Gambar 17. *vibrasi* awal saat pompa mulai beroperasi adalah 3,00 mm/s dan pada akhir beroperasi *vibrasi* mencapai 7,32 mm/s. Pada Besarnya amplitudo frekuensi 50 hz dan 100 hz atau frekuensi *misalignment* yang muncul saat mulai beroperasi adalah 1,24 mm/s dan 0,32 mm/s dan pada akhir operasi adalah 4,1 mm/s dan 2,29 mm/s.

2. Posisi Vertikal



Gambar 18. Kurva Frekuensi *Misalignment* 0,09 mm Vertikal DE

Gambar 18. *vibrasi* awal saat pompa mulai beroperasi adalah 3,25 mm/s dan pada akhir beroperasi *vibrasi* mencapai 7,36 mm/s. Besarnya amplitudo frekuensi 50 hz dan 100 hz atau frekuensi *misalignment* yang muncul saat mulai beroperasi adalah 1,11 mm/s dan 0,14 mm/s dan pada akhir operasi adalah 5,49 mm/s dan 0,98 mm/s. Dalam hal ini trend posisi vertikal *vibrasi overall velocity* berbanding lurus mengalami kenaikan dengan trend frekuensi *misalignment*.

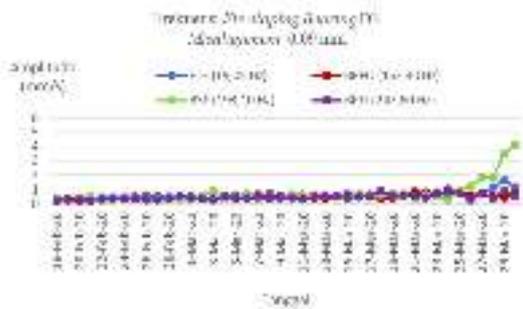
3. Posisi Axial



Gambar 19. Kurva Frekuensi *Misalignment* 0,09 mm Axial DE

Gambar 19. *vibrasi* awal saat pompa mulai beroperasi adalah 4,30 mm/s dan pada akhir beroperasi *vibrasi* mencapai 8,68 mm/s. Besarnya amplitudo frekuensi 50 hz dan 100 hz atau frekuensi *misalignment* yang muncul saat mulai beroperasi adalah 1,86 mm/s dan 0,22 mm/s dan pada akhir operasi adalah 3,67 mm/s dan 3,93 mm/s. Dalam hal ini trend posisi axial *vibrasi overall velocity* berbanding lurus mengalami kenaikan dengan trend frekuensi *misalignment*.

III.5.3 Data Frekuensi *Enveloping Bearing*

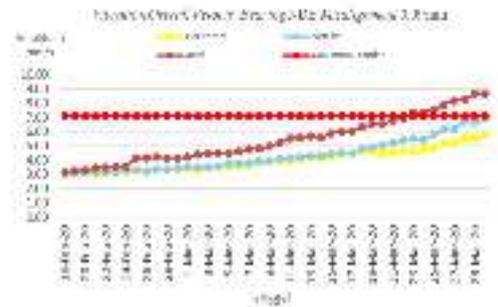


Gambar 20. Kurva Frekuensi *Enveloping Bearing* DE Penyimpangan *Misalignment* 0,09 mm

Gambar 20. Terlihat pada hari ke 39 *enveloping bearing* sudah mulai terjadi kenaikan, nilai *enveloping bearing* meningkat dari 1,206 m/s² pada tanggal 26 maret 2020 menjadi 1,835 m/s² pada tanggal 27 maret 2020. Pada hari ke empat puluh dua (30 maret 2020) pengujian dihentikan karena nilai *enveloping bearing* bertambah besar menjadi 4,135 m/s².

III.6 Hasil Monitoring Data *Vibrasi Bearing NDE Penyimpangan Misalignment* 0,09 mm

III.6.1 data *Vibrasi Overall Velocity*



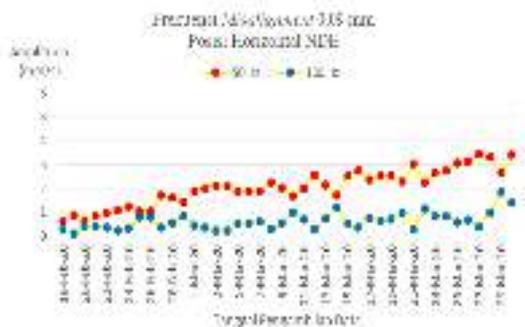
Gambar 21. *Vibration Overall Velocity Bearing NDE* Penyimpangan *Misalignment* 0,09 mm

Pengambilan data dilakukan tiga posisi pada setiap *bearing* nya, yaitu pada posisi horizontal, vertikal, dan axial. Gambar 21. data *vibrasi overall velocity bearing NDE* di tiga posisi terlihat kurva meningkat setiap harinya, setelah dilakukan *setting dial indicator* pompa beroperasi dengan nilai *vibrasi* awal posisi horizontal 3,15 mm/s, vertikal 3,07 mm/s, dan axial 3,20 mm/s. Semakin hari beroperasi nilai *vibrasi* semakin mengalami peningkatan hingga pada akhir operasi di hari ke lima belas nilai *vibrasi* pompa pada posisi horizontal 5,80 mm/s, vertikal 6,90 mm/s, dan axial 8,66 mm/s.

III.6.2 Data Frekuensi *Misalignment*

Jika suatu peralatan beroperasi dengan rpm 3000 maka frekuensi yang muncul akibat pengaruh *misalignment* adalah frekuensi 50 hz dan 100 hz. Berikut detail gambaran frekuensi *misalignment* yang menimbulkan terjadinya getaran pada *bearing* pompa NDE.

1. Posisi Horizontal



Gambar 22. Kurva Frekuensi *Misalignment* 0,09 mm Horizontal NDE

Gambar 22. *vibrasi* awal saat pompa mulai beroperasi adalah 3,15 mm/s dan pada akhir beroperasi *vibrasi* mencapai 5,80 mm/s. Pada Gambar 4.34 besarnya amplitudo frekuensi 50 hz dan 100 hz atau frekuensi *misalignment* yang muncul saat mulai beroperasi adalah 0,64 mm/s dan 0,26 mm/s dan pada akhir operasi adalah 3,41 mm/s dan 1,39 mm/s. Dalam hal ini trend posisi horizontal *vibrasi overall velocity* berbanding lurus mengalami kenaikan dengan trend frekuensi *misalignment*.

2. Posisi Vertikal



Gambar 23. Kurva Frekuensi *Misalignment* 0,09 mm Vertikal NDE

Gambar 23. *vibrasi* awal saat pompa mulai beroperasi adalah 3,07 mm/s dan pada akhir beroperasi *vibrasi* mencapai 6,90 mm/s. Pada Gambar 4.36 besarnya amplitudo frekuensi 50 hz dan 100 hz atau frekuensi *misalignment* yang muncul saat mulai beroperasi adalah 0,82 mm/s dan 0,24 mm/s dan pada akhir operasi adalah 4,47 mm/s dan 1,16 mm/s (Gambar 4.37). Dalam hal ini trend posisi vertikal *vibrasi overall velocity* berbanding lurus mengalami kenaikan dengan trend frekuensi *misalignment*.

3. Posisi Axial

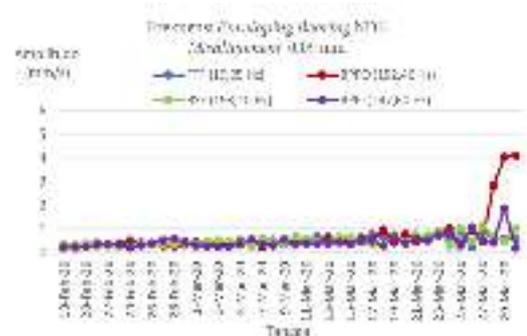


Gambar 24. Kurva Frekuensi *Misalignment* 0,09 mm Axial NDE

Gambar 24. *vibrasi* awal saat pompa mulai beroperasi adalah 3,20 mm/s dan pada akhir

beroperasi *vibrasi* mencapai 8,66 mm/s. Besarnya amplitudo frekuensi 50 hz dan 100 hz atau frekuensi *misalignment* yang muncul saat mulai beroperasi adalah 1,04 mm/s dan 0,15 mm/s dan pada akhir operasi adalah 6,61 mm/s dan 1,36 mm/s. Dalam hal ini trend posisi axial *vibrasi overall velocity* berbanding lurus mengalami kenaikan dengan trend frekuensi *misalignment*.

III.6.3 Data Frekuensi *Enveloping Bearing*



Gambar 25. Frekuensi *Enveloping Bearing* NDE Penyimpangan *Misalignment* 0,09 mm

Gambar 25. Terlihat pada hari ke 40 *enveloping bearing* sudah mulai terjadi kenaikan, nilai *enveloping bearing* meningkat dari 0,469 m/s² pada tanggal 27 maret 2020 menjadi 2,831 m/s² pada tanggal 28 maret 2020. Pada hari ke empat puluh dua (30 maret 2020) pengujian dihentikan karena nilai *enveloping bearing* NDE bertambah besar menjadi 4,115 m/s².

III.7 Kesimpulan Data *Vibrasi* dengan Penyimpangan *Misalignment* 0,09 mm

Pada kurva *overall velocity* dan kurva frekuensi *misalignment* terlihat nilai dominan berbanding lurus pada data *bearing* axial DE dan NDE, pada hari ke empat puluh dua (30 maret 2020) nilai *amplitudo overall vibrasi* axial DE mencapai 8,68 mm/s dan nilai *amplitudo* frekuensi *misalignment* 1 order serta 2 order mencapai 3,67 mm/s serta 3,93 mm/s (Gambar 19.), Sementara itu nilai *amplitudo overall vibrasi* axial NDE mencapai 8,66 mm/s dan nilai *amplitudo* frekuensi *misalignment* 1 order serta 2 order mencapai 6,61 mm/s serta 1,36 mm/s (Gambar 24.). Dalam hal ini terlihat nilai *overall vibrasi* yang muncul dominan dipengaruhi oleh penyimpangan *misalignment*.



Gambar 26. Kondisi *Bearing* DE Penyimpangan *Misalignment* 0,09 mm

Bearing NDE cacat *bearing* dominan terjadi pada *ball pass frequency outer race* atau pada frekuensi 125,4 hz, terlihat pada gambar 26. Trend kurva data *enveloping bearing* yang semakin meningkat, pada gambar 27. terlihat adanya cacat pada *outer race bearing*.



Gambar 27. Kondisi *Bearing* NDE Penyimpangan *Misalignment* 0,09 mm

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Inmann, Daniel J.; Engineering Vibration (2008)
- [2] Mobley, R. Keith, An Introduction Predictive Maintenance (2002)
- [3] Sunarko, Benny Kresno, "Analisa Getaran Pada Mesin Sepeda Motor Berbasis *Labview*", Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 2010
- [4] Joko Suhendro and Fadly A. Kurniawan Nst., ST, MT, "Analisa Vibrasi pada Pompa Sentrifugal Kapasitas 360 L/S dengan Metode FFT *Analyzer* Studi Kasus PDAM Tirtanadi Instalasi Pengolahan Air Sunggal", Jurusan Teknik Mesin, Universitas Harapan Medan, Medan, Indonesia, 2017
- [5] Febli Huda, Nazaruddin, and Mario Dovani, "Analisis Suara Pada Rotordinamik Akibat *Unbalance, Misalignment, dan Looseness*" in *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin*, Fakultas Teknik ULM – Banjarmasin, 2015
- [6] Berli P Kamil, Mulyani, Sunardi, " Deteksi Cacat Bantalan Bola Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Spektrum Getaran", Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Vol. 20, No.2, 204-215, Indonesia, 2017

IV KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil pada penelitian dengan menggunakan variabel penyimpangan *misalignment* adalah:

1. Frekuensi penyimpangan *misalignment* muncul pada 1 dan 2 order putaran mesin, dalam hal ini pada putaran mesin 3000 rpm *spectrum* muncul pada frekuensi 50 dan 100 hz.
2. Mesin yang terus beroperasi dalam keadaan *misalignment* akan membuat getaran yang besar, sehingga jika terus dibiarkan akan mengakibatkan *bearing* menjadi cacat. Dalam hal ini mesin berputar pada 3000 rpm, dengan penyimpangan *misalignment* 0,19 mm *bearing* terindikasi cacat pada umur 15 hari dan dengan penyimpangan 0,09 mm *bearing* terindikasi cacat pada umur 42 hari.