
ANALISA VIBRASI SPEED MOTOR CONDENSATE EXTRACTION PUMP MENGUNAKAN METODE ENVELOPE ANALYSIS

Mohammad Effendi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Yudharta Pasuruan
Jl. Yudharta No. 7, Sengonagung, Purwosari, Pasuruan, Jawa Timur 67162,
Mohammad.effendi@yudharta.ac.id

Abstrak

Condensate Evacuation Pump (CEP) berfungsi sebagai pompa untuk mempompa kondensat dari kondensor melalui hotwell, melalui *cartridge filter* dan *ground steam* generator ke deaerator. Analisis getaran adalah salah satu teknologi pemeliharaan prediktif, khusus digunakan untuk mengidentifikasi penyebab gejala kerusakan. Penelitian ini dilakukan dengan metode envelope analysis, tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perubahan speed motor condensate extraction pump terhadap vibrasi dengan satu buah sensor accelerometer arah horizontal sisi bearing motor NDE (Non drive End). Dari hasil pengujian data yang sudah diambil menghasilkan nilai minimum pada speed 1300 rpm dengan frekuensi 86,40 Hz nilai vibrasi sebesar 0,016 m/s², nilai medium pada kecepatan 1200 rpm dengan frekuensi 60,99 Hz nilai vibrasi sebesar 0,099 m/s² dan nilai maksimum pada kecepatan 1400 rpm dengan frekuensi 90,40 Hz nilai vibrasi sebesar 0,322 m/s². Dapat disimpulkan bahwasannya perbedaan rpm berpengaruh pada amplitude envelope spectrum namun tidak berpengaruh pada pola spektrum, kenaikan rpm berbanding lurus dengan kenaikan amplitude spektrum envelope. Dari hasil perhitungan bahwa umur bearing motor condensate extraction pump (CEP) pada kecepatan 1200 rpm adalah 217013,89 jam operasi atau 25 tahun waktu operasi. Pada kecepatan 1300 rpm 1229517,94 jam operasi atau 26 tahun waktu operasi, pada kecepatan 1400 rpm 184891,66 jam operasi atau 21 tahun waktu operasi, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi dikecepatan rpm 1400 rpm umur bearing lebih pendek. Dan pada kecepatan rpm 1300 umur bearing lebih lama, dengan ketentuan data di atas motor condensate extraction pump speed, pelumasan, beban harus tetap kondisi normal steady.

Kata kunci : Motor Condensate Extraction Pump (CEP), Variasi rpm, Envelope Analysis

Abstract

Condensate Evacuation Pump (CEP) functions as a pump to pump condensate from the condenser through the hotwell, through the filter cartridge and the ground steam generator to the deaerator. Vibration analysis is part of the predictive maintenance technologies, specifically used to identify the cause of malfunction symptoms. This research was carried out using the envelope analysis method, the purpose of this study was to determine the effect of changes in the speed of the condensate extraction pump motor on vibration with an accelerometer sensor in the horizontal direction of the NDE (Non Drive End) motor bearing side. From the test results, the data that has been taken produces a minimum value a speed of 1300 rpm with a frequency of 86.40 Hz, a vibration value of 0.016 m/s², a medium value a speed of 1200 rpm with a frequency of 60.99 Hz, a vibration value of 0.099 m/s² and the maximum value a speed of 1400 rpm with a frequency of 90.40 Hz, the vibration value is 0.322 m/s². It can be concluded that the difference in rpm affects the amplitude envelope spectrum but does not affect the spectrum pattern, an increase in velocity is directly proportional to an increase in amplitude of the envelope spectrum. From the calculation results that the bearing life of the motor condensate extraction pump (CEP) at a speed of 1200 rpm is 217013.89 hours of operation or 25 years of operating time. At a speed of 1300 rpm 1229517.94 hours of operation or 26 years of operating time, at a speed of 1400 rpm 184891.66 hours of operation or 21 years of operating time, it can be concluded that the conditions at a speed of 1400 rpm have shorter bearing life. And speed of 1300 rpm the bearing life longer, with the provisions of the data above that the motor condensate extraction pump speed, lubrication, load must remain in a normal steady condition.

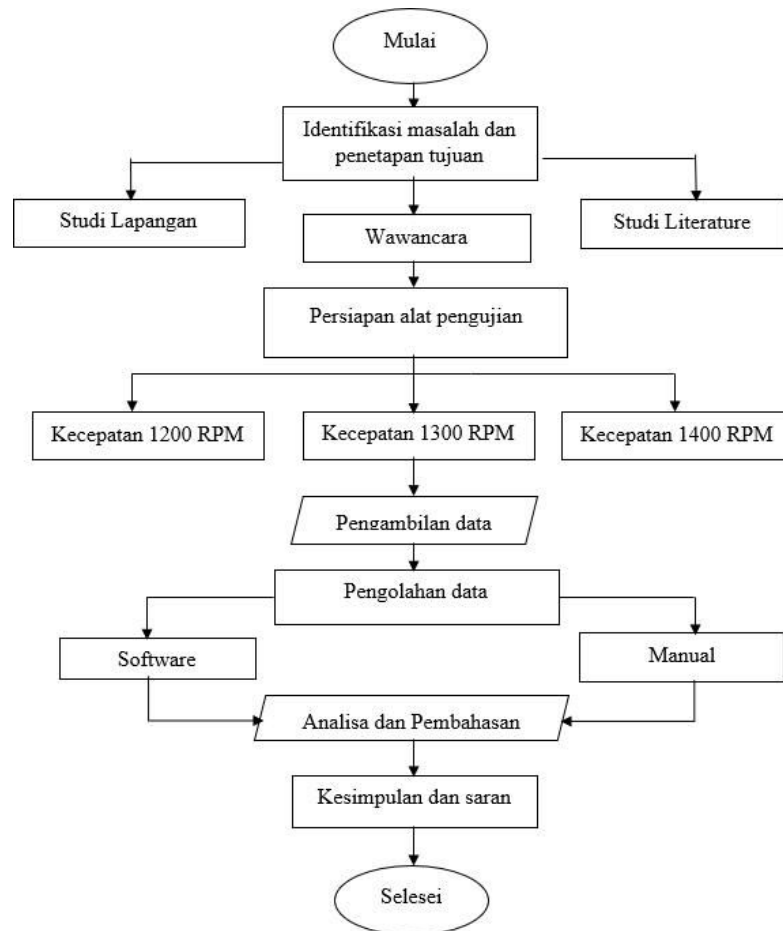
Keywords : Motor Condensate Extraction Pump (CEP), Variation of rpm, Envelope Analysis

PENDAHULUAN

PT. ABC ini merupakan salah satu pembangkit listrik yang lumayan cukup lama beroperasi kemungkinan akan terjadi nya turun nya kapasitas peralatan kerja bisa terjadi salah satunya pada pada peralatan Motor *Condensate Extraction Pump (CEP)* yaitu salah satu mesin penunjang disuatu industri pembangkit listrik yang memungkinkan sistem kerja di PLGTU. *Condensate Extraction Pump (CEP)* berfungsi sebagai pompa untuk memompa kondensat dari kondensor melalui *hotwell*, melalui *cartridge* filter dan *glanned steam* generator ke *deaerator*. Bantalan gelinding adalah komponen yang umum digunakan dalam mesin yang fungsinya untuk mengurangi gesekan yang disebabkan oleh poros yang berputar. Oleh karena itu, kerusakan adalah alasan paling umum agar mesin tidak gagal. Pada motor *Condensate Extraction Pump(CEP)* menggunakan tipe *bearing angular contact ball bearing single row* SKF 7219 BDB (Kunto Aji.2007).

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data 3 variasi *speed* yang berbeda yaitu 1200, 1300, 1400 pada Motor *Condensate Extraction Pump (CEP)*. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari perubahan *speed*, perbandingan pola spektrum vibrasi, dan manfaatnya kerusakan getaran dapat dideteksi sejak dini, menjaga produksi tetap berjalan dan unit handal, menghindari biaya perawatan mesin yang tinggi akibat kerusakan parah.

METODE PELAKSANAAN



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Motor Condensate Extraction pump

Tabel 1. Penjelasan Skema alat

No	Nama alat
1	Motor <i>Condensate Extraction Pump (CEP)</i>
2	Kopling
3	<i>Accelerometer & force transducer</i>
4	<i>Bearing</i>
5	<i>Vibxpert II</i>
6	Poros (<i>shaft</i>)

Penelitian ini menggunakan alat *Vibxpert II* dengan 1 buah sensor accelerometer arah horizontal dengan perubahan variasi *speed*. Pada saat motor di hidupkan dengan fluktuasi speed yaitu 1200 rpm, 1300 rpm, 1400 rpm, sensor accelerometer akan menangkap sinyal spektrum getaran yang dihasilkan oleh bantalan, yang kemudian dianalisis oleh perangkat lunak Omnitrend pada laptop menggunakan analisis *envelope* untuk mendapatkan informasi yang diinginkan. Analisis amplop adalah teknik untuk mengekstraksi sinyal termodulasi dari sinyal termodulasi amplitudo, sehingga teknik ini disebut juga demodulasi amplitudo. Metode ini umumnya digunakan untuk mendeteksi kegagalan motor dari sinyal getaran seperti roda gigi, turbin motor induksi, dan bantalan rol. Sinyal getaran yang dihasilkan oleh bantalan gelinding merupakan salah satu sinyal modulasi, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis sinyal kerusakan yang dihasilkan oleh bantalan gelinding.

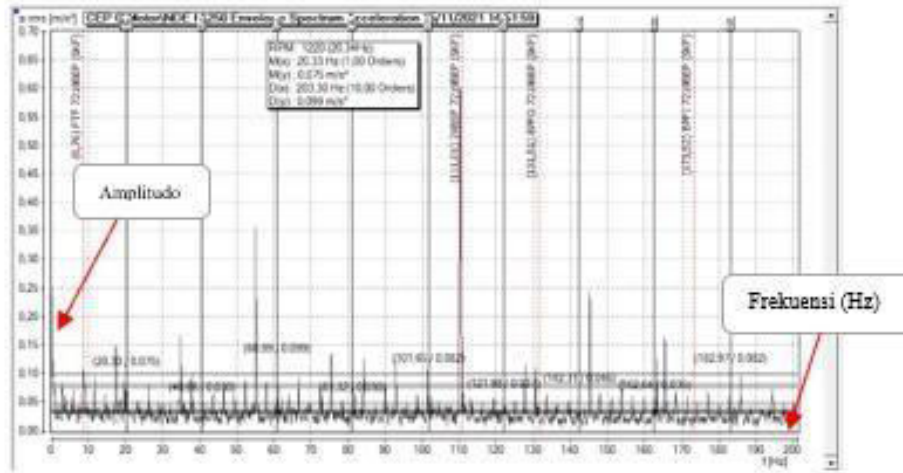
Tabel 2. Spesifikasi Bearing NDE Motor Condensate Extraction Pump

Model	<i>Angular Contact Ball bearing, Single row (7219 BDB)</i>
Jenis elemen bearing	Bola
Diameter dalam (inner)	95 mm
Diameter luar (outer)	170 mm
Lebar	32 mm
Diameter bahu cincin bagian dalam (wajah samping besar)	≈ 124.3 mm
Diameter bahu cincin bagian dalam (wajah samping kecil)	≈ 109.09 mm
Diameter bahu lingkaran luar (muka samping besar)	≈ 142.45 mm
Jarak sisi muka ke titik tekanan	72 mm
Sudut kontak	25°

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dibawah ini adalah data hasil uji menggunakan alat *Vibxpert II Pruftechnik* menggunakan *software omnitrend* dengan perubahan variasi *speed* :

1) Data vibrasi pada 1200 rpm

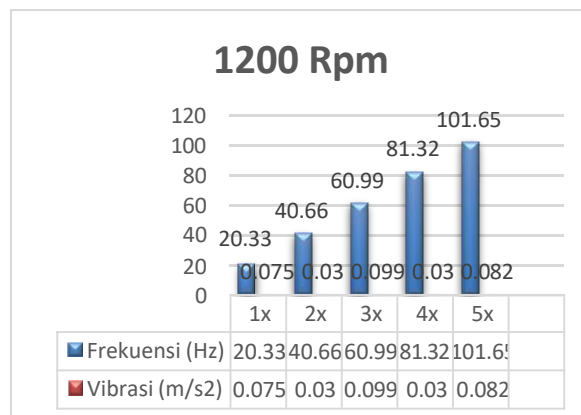


Gambar 3. Spektrum envelope speed 1200 rpm

Tabel 3. Data frekuensi dan vibrasi speed 1200 rpm

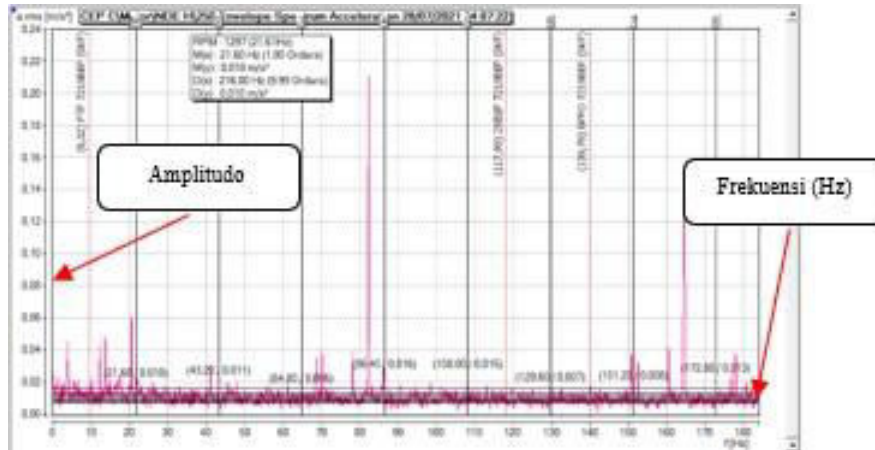
Rpm		Frekuensi (Hz)	Vibrasi (m/s ²)
1200	1x	20,33	0,075
	2x	40,66	0,030
	3x	60,99	0,099
	4x	81,32	0,030
	5x	101,65	0,082

Grafik 1. 1200 rpm



Pada kecepatan 1200 rpm spektrum *envelope* yang terlihat hanyalah peak dominan tertinggi di 3x rpm 60,99 Hz dengan nilai vibrasi sebesar 0,099 m/s² tidak ada puncak di *bearing fundamental frequency* yang menunjukkan tidak ada gejala kerusakan.

2) Data vibrasi pada 1300 rpm

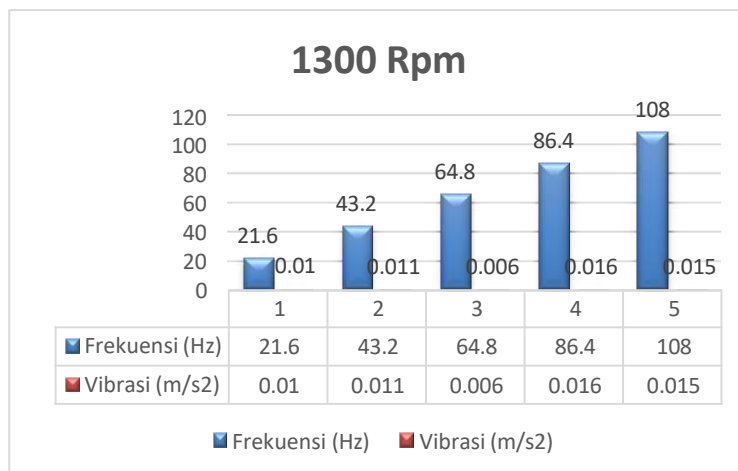


Gambar 4. Spektrum envelope speed 1300 rpm

Tabel 3. Data frekuensi dan vibrasi speed 1300 rpm

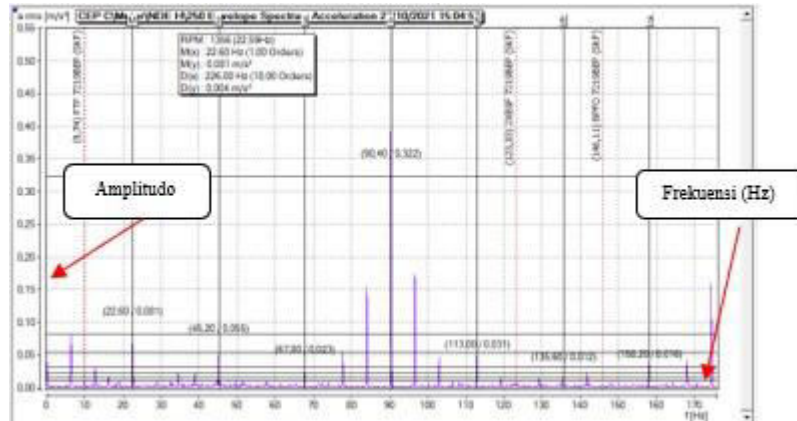
Rpm	Frekuensi (Hz)	Vibrasi (m/s ²)	
1300	1x	21,60	0,010
	2x	43,20	0,011
	3x	64,80	0,006
	4x	86,40	0,016
	5x	108,00	0,015

Grafik 2. 1300 rpm



Pada kecepatan 1300 rpm yang memperlihatkan sinyal harmonik dari bearing NDE motor *Condensate Extraction Pump* terdapat peak-peak yang masih kecil dan tidak terlihat peak dari bearing fundamental frekuensi yang mengenai garis warna merah frekuensi markeryang menandakan adanya kerusakan. Maka dari hasil tersebut menghasilkan nilai vibrasi terbesar pada 4x rpm pada 86,40 Hz dengan nilai vibrasi sebesar 0,016 (m/s²).

3) Data vibrasi pada 1400 rpm

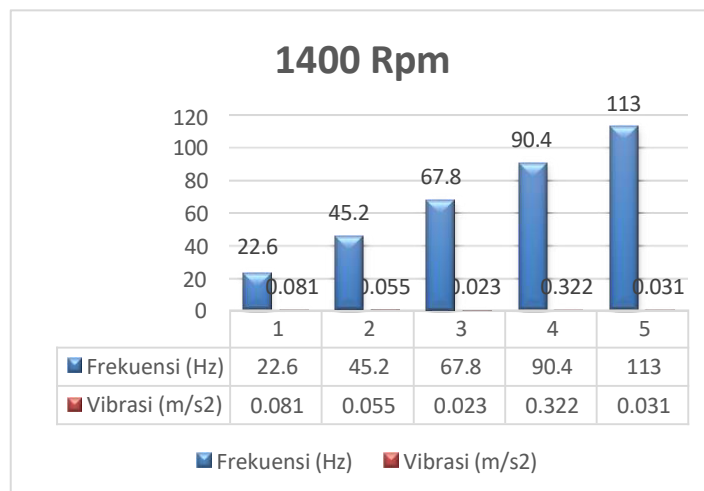


Gambar 5. Spektrum envelope speed 1400 rpm

Tabel 3. Data frekuensi dan vibrasi speed 1400 rpm

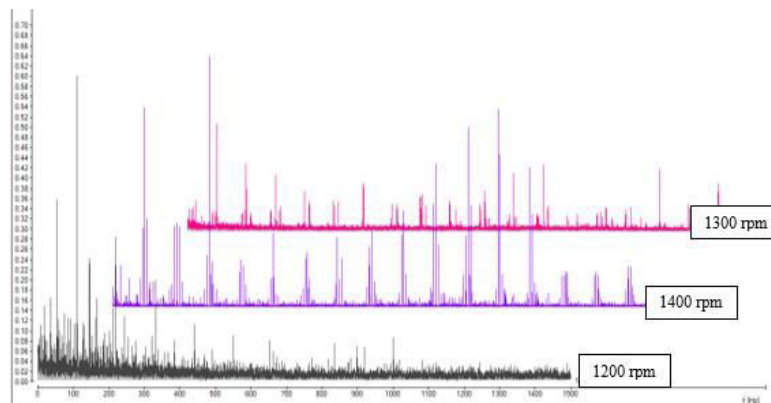
Rpm	Frekuensi (Hz)	Vibrasi (m/s ²)	
1400	1x	22,60	0,081
	2x	45,20	0,055
	3x	67,80	0,023
	4x	90,40	0,322
	5x	113,00	0,031

Grafik 3. 1400 rpm



Pada kecepatan 1400 rpm tidak terlihat peak yang mendekati *bearing fundamental* frekuensi, untuk spektrum dan amplitude spektrum mengalami kenaikan ketika rpm di naikkan, tetapi masih relatif kecil dan tidak merubah dari pola spektrum. Maka dari hasil tersebut menghasilkan nilai pada 4 rpm pada 90,40 Hz dengan nilai vibrasi sebesar 0,322 (m/s^2). Dari hasil pengambilan data dan pengujian didapatkan perbandingan pada kecepatan 1200 rpm dengan frekuensi 60,99 Hz nilai vibrasi sebesar 0,099 m/s^2 , kecepatan 1300 rpm dengan frekuensi 86,40 Hz nilai vibrasi sebesar 0,016 m/s^2 , dan kecepatan 1400 rpm dengan frekuensi 90,40 Hz nilai vibrasi sebesar 0,322 m/s^2 .

Perbandingan *spektrum envelope*



Gambar 6. Perbandingan *spektrum envelope*

Berdasarkan perbandingan pola *spektrum* pada gambar 4.2 bahwasannya perbedaan rpm berpengaruh pada *amplitude spektrum* namun tidak berpengaruh pada pola spektrum, kenaikan rpm berbanding lurus dengan kenaikan *amplitude spektrum envelope*. Data selisih frekuensi tiap rpm

Tabel 4. Data selisih frekuensi tiap rpm

Rpm	Rpm			Selisih
	1200	1300	1400	
	Frekuensi (Hz)			
1x	20,33	21,60	22,60	1 Hz
2x	40,66	43,20	45,20	2 Hz
3x	60,99	64,80	67,80	3 Hz
4x	81,32	86,40	90,40	4 Hz
5x	101,65	108	113	5 Hz

Pada tabel 4 bahwa tiap perubahan rpm di 1x rpm mempunyai selisih 1 Hz begitu juga dengan 2x, 3x, 4x, 5x dan seterusnya akan mempunyai selisih frekuensi akan mengalami kenaikan Hz.

Data selisih vibrasi tiap rpm

Tabel 5. Data selisih vibrasi tiap rpm

Rpm	Rpm			Selisih
	1200	1300	1400	
	Vibrasi (m/s ²)			
1x	0,075	0,010	0,081	0,065 - 0,071 (m/s ²)
2x	0,030	0,011	0,055	0,02 - 0,044 (m/s ²)
3x	0,099	0,006	0,023	0,093 - 0,017 (m/s ²)
4x	0,030	0,016	0,322	0,014 - 0,306 (m/s ²)
5x	0,082	0,015	0,031	0,067 - 0,016 (m/s ²)

Tabel diatas merupakan data selisih vibrasi pada motor *condensate extraction pump* ditiap perubahan rpm 1200, 1300, 1400 pada 1x, 2x, 3x, 4x, 5x. Untuk perhitungan beban (*load*) yang diterima oleh *bearing* NDE *Condensate Extraction Pump* apakah sudah sesuai dengan standar yang diberikan oleh perusahaan pembuat *bearing* tersebut.

Perhitungan Beban dan umur *bearing*

Total *External Thrust Motor Condensate extraction pump* : 1676 Kg

1) Pada kecepatan 1200 rpm

a) Mencari beban radial (F_r)

$$F_r = \frac{m \cdot g}{n \text{ bearing}} = \frac{(1676 \text{ Kg}) \cdot (9.81 \text{ m/s}^2)}{3} = \frac{16441,56}{3} = 5480,52 \text{ N}$$

$$= 5,48 \text{ KN}$$

b) Mencari diameter rata-rata *bearing* (d_m)

$$d_m = \frac{1}{2}(d + D) = \frac{1}{2}(95 + 170) = 132.5 \text{ mm}$$

c) Mencari beban radial minimal (F_{rm})

$$F_{rm} = K_r \left(\frac{v \cdot n}{1000} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{d_m}{100} \right)^2 = 0,095 \left(\frac{11 \cdot 1200}{1000} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{132,5}{100} \right)^2$$

$$= (0,095)(5,58)(1,75) = 0,927 \text{ kN}$$

d) Mencari beban radial actual ($F_r \text{ actual}$)

$$F_r \text{ actual} = F_r \cdot F_{rm} = (5,48 \text{ kN}) \cdot (0,927 \text{ kN}) = 5,079 \text{ kN}$$

Diasumsikan nilai F_r dan F_a actual adalah sama

- e) Mencari beban ekuivalen dinamis *bearing* (P)

$X = 0,35$ dan $Y = 0,57$ didapat dari Buku Elemen Mesin (Sularso, 2004) karena sudut *bearing* 7219 BDB : 40^0

$$P = X \cdot Fr + Y \cdot Fa = (0,35) \cdot (5,079) + (0,57) \cdot (5,079) = (1,77) + (2,89) = 4,66 \text{ kN}$$

- f) Mencari umur bantalan dengan keandalan 90% (L_{10})

$$L_{(10)} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{129}{4,66}\right)^3 = 15625,1$$

- g) Mencari umur bantalan berdasarkan waktu operasi (L_{10h})

$$L_{10h} = L_{10} = \frac{10^6}{60 \times n} = \frac{10^6}{60 \times 1200} \cdot 15625 = 217013,89 \text{ jam}$$

Dengan menggunakan rumus di atas, berdasarkan jam operasi, masa pakai bantalan adalah 21213,45 jam operasi. Dengan asumsi mesin berjalan total 24 jam/hari, dihitung dalam bulan dan tahun, masa pakai bantalan adalah:

Jam actual:

$$= \frac{21213,45}{24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = \frac{883,89}{30 \text{ hari}} = \frac{29,46}{12 \text{ bulan}} = 25 \text{ tahun}$$

- 2) Pada kecepatan 1300 rpm

- a) Mencari beban radial minimal (F_{rm})

$$F_{rm} = K_r \left(\frac{v \cdot n}{1000}\right)^{2/3} \left(\frac{d_m}{100}\right)^2$$

$$F_{rm} = K_r \left(\frac{v \cdot n}{1000}\right)^{2/3} \left(\frac{d_m}{100}\right)^2 = 0,095 \left(\frac{11 \cdot 1300}{1000}\right)^{2/3} \left(\frac{132,5}{100}\right)^2 = (0,095)(5,89)(1,75)$$

$$= 0,979 \text{ KN}$$

- b) Mencari beban radial actual (Fr actual)

$$Fr \text{ actual} = Fr \cdot F_{rm} = (5,48 \text{ kN}) \cdot (0,979 \text{ kN}) = 5,36 \text{ kN}$$

Diasumsikan nilai Fr dan F_a actual adalah sama

- c) Mencari beban ekuivalen dinamis *bearing* (P)

$X = 0,35$ dan $Y = 0,57$ didapat dari Buku Elemen Mesin (Sularso, 2004) karena sudut *bearing* 7219 BDB : 40^0

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = (0,35) \cdot (5,36 \text{ kN}) + (0,57) \cdot (5,36 \text{ kN})$$

$$= (1,876) + (3,0552) = 4,9312 \text{ kN}$$

- d) Mencari umur bantalan dengan keandalan 90% (L_{10})

$$L_{(10)} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{129}{4,9312}\right)^3 = 17902,4 \text{ juta putaran}$$

- e) Mencari umur bantalan berdasarkan waktu operasi (L_{10h})

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \times n} L_{10} = \frac{10^6}{60 \times 1300} \cdot 17902,4 = 229517,94 \text{ jam operasi}$$

Dengan menggunakan rumus diatas, berdasarkan jam operasi, umur bantalan adalah 229517,94 jam operasi. Dengan asumsi waktu operasi mesin total 24 jam/hari dan dihitung bahwa dalam waktu bulan, tahun umur bantalan gelinding sebagai berikut :

Jam operasi aktual

$$= \frac{229517,94}{24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = \frac{9563,24 \text{ hari}}{30 \text{ hari}} = \frac{318,77}{12 \text{ bulan}} = 26 \text{ tahun}$$

3) Pada kecepatan 1400 rpm

a) Mencari beban radial minimal (F_{rm})

$$F_{rm} = K_r \left(\frac{v \cdot n}{1000} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{d_m}{100} \right)^2 = 0,095 \left(\frac{11 \cdot 1400}{1000} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{132,5}{100} \right)^2 \\ = (0,095)(6,18)(1,75) = 1,027 \text{ kN}$$

b) Mencari beban radial actual (F_r actual)

$$F_{ra} \text{ actual} = F_r \cdot F_{rm} = (5,48 \text{ kN}) \cdot (1,027 \text{ kN}) = 5,62 \text{ kN}$$

Diasumsikan nilai F_r dan F_a actual adalah sama

c) Mencari beban ekivalen dinamis bearing (P)

$X = 0,35$ dan $Y = 0,57$ didapat dari Buku Elemen Mesin (Sularso, 2004) karena sudut bearing 7219 BDB : 40^0

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = (0,35) \cdot (5,62) + (0,57) \cdot (5,62) = (1,967) + (3,2034) = 5,1704 \text{ kN}$$

d) Mencari umur bantalan dengan keandalan 90% (L_{10})

$$L_{(10)} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{129}{5,1704} \right)^3 = 15530,9$$

Mencari umur bantalan berdasarkan waktu operasi (L_{10h})

$$L_{10h} \frac{10^6}{60 \times n} = L_{10} \frac{10^6}{60 \times 1400} \cdot 15530,9 = 184891,66 \text{ jam operasi}$$

Dengan menggunakan rumus diatas, yang terkait dengan waktu kerja operasi umur bantalan adalah 184891,66 jam operasi. Dengan asumsi waktu operasi mesin total 24 jam/hari dan dihitung bahwa dalam waktu bulan, tahun umur bantalan sebagai berikut :

Jam actual

$$\frac{184891,66}{24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = \frac{7703 \text{ hari}}{30 \text{ hari}} = \frac{256,79}{12 \text{ bulan}} = 21 \text{ tahun}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian analisa vibrasi pada NDE motor *Condensate Extraction Pump (CEP)* dengan variasi 3 speed yaitu 1300, 1400 dan 1500 rpm dapat disimpulkan di bawah ini :

- 1) Perbedaan speed berpengaruh pada *amplitude envelope spektrum* namun tidak berpengaruh pada pola spektrum, kenaikan rpm berbanding lurus dengan kenaikan *amplitude spektrum envelope*.
- 2) Nilai vibrasi terendah diketahui pada kecepatan 1300 rpm yaitu sebesar $0,0016 \text{ m/s}^2$. Sedangkan pada kecepatan 1200 rpm nilai vibrasinya adalah $0,099 \text{ m/s}^2$ dan pada kecepatan 1300 rpm nilai vibrasinya adalah $0,322 \text{ m/s}^2$.
- 3) Umur bearing tertinggi terdapat pada kecepatan 1300 rpm yaitu 26 tahun, sedangkan umur bearing pada kecepatan 1200 rpm sebesar 25 tahun dan kecepatan 1400 rpm sebesar 21 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Kunto Aji. (2007), Deteksi Kerusakan Bantalan Gelinding Pada Pompa Sentrifugal Dengan Analisa Sinyal Getaran.
- Ganong, J. T. (2017). Deteksi Kerusakan Bearing Pada Condensate Pump. 8, 60±67 JTM (S-1) – Vol. 5, No. 1, :32-41, Januari 2017
- SKF, Grup., 2013. *Rolling Bearing Catalouge SKF PUB BU/P1 10000/2 EN*. Gothenburg, Säve Strandgata
- Sularso, Kiyokatsu Suga.-Cet. 11.- Jakarta : Pradnya Paramita 2004 Dasar perencanaan dan pemilihan mesin; 352 hal,; ilus 26 cm ISBN 979-408-126-4
- Widyawati Santoso (<https://docplayer.info/47576602-Bab-iv-pembahasan-4-1-perhitungan-umur-pakai-bantalan-sisi-luar-pada-ring-hammer-coal-tipe-bantalan-c-c-0-fr-fa-putaran-kn.html>)
- Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No. 1, Juni 2011 ISSN 1829-8958
- B. P. Kamiel & R. S. Ramadhan/Semesta Teknik, Vol. 20, No. 1, 51-66, Mei 2017
- Risandriya, S. K. (2016). Analisa Spektrum Getaran Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Fluke 810 Vibration Tester Berbasis Neural Network.
- Glossary Vibration Training Diagnostic guide useful charts and table Mobius Institute 2018 – All rights reserved Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No. 1, Juni 2011 ISSN 1829-8958
- Wahyudi, T., Soeharsono, & Noor, E. “Mendeteksi Kerusakan Bantalan dengan Menggunakan Sinyal Vibrasi”, 20 (2016): 123
- Junior Analys Enjinir & QRM, Instruksi kerja (IK) PJB-PJBS-IMS, Predictive Maintenance Rotating Equipment Fan & Pump (Pengukuran vibrasi CSI 2140 casing measurement) 2018
- Badr, Hasan M dan Wael H. Ahmad. 2015. *Pumping Machinery Theory and Practice*. John Willey and Sons Ltd, United Kingdom
- Joko susilo 2010 , efektifitas variasi putaran dari proses balancing terhadap putaran kerja poros online :http://docplayer.info/32297557-Abstract_id.pdf diakses pada tanggal 25 februari 2018