
PREDICTIVE MAINTENANCE MECHANICAL LOOSENESS PADA POROS BERPUTAR BERBASIS LAB VIEW

Ade Irvan Tauvana, Fatkur Rachmanu, Widodo, Lukman Nulhakim, Yuyu Mulyani
Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Enjinerung Indorama
e-mail: ade.irvan@pei.ac.id

Abstract

Vibration monitoring merupakan kegiatan memantau getaran pada sebuah mesin berputar dengan cara merekam dan menganalisis getaran. Getaran tinggi pada suatu mesin dapat disebabkan oleh kasus mechanical looseness. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui putaran poros yang diijinkan pada getaran kondisi mechanical loosness. Pengukuran getaran dilakukan menggunakan sensor accelerometer ADXL 345 yang dapat membaca nilai akselerasi suatu getaran pada posisi vertikal dibagian rumah bearing. Pembacaan nilai akselerasi tersebut diolah kembali oleh kontroler arduino uno R3 dan diproses menjadi grafik FFT melalui software LabVIEW. Berdasarkan pengujian nilai akselerasi yang dihasilkan pada kondisi mechanical looseness kategori fondasi melengkung dengan 2 shim untuk putaran poros 1495 rpm adalah 949,587 mm/s², putaran poros 895 rpm menghasilkan nilai akselerasi 982,610 mm/s², putaran poros 295 rpm menghasilkan nilai akselerasi 911,029 mm/s². Pengujian kedua untuk fondasi melengkung dengan 3 shim pada putaran poros 1495 menghasilkan nilai akselerasi 1018,86 mm/s², putaran poros 895 rpm menghasilkan nilai akselerasi 1214,06 mm/s², untuk putaran poros 295 rpm menghasilkan nilai akselerasi 1010,520 mm/s². Pengujian ketiga dilakukan pada kondisi baut longgar dengan menghasilkan nilai akselerasi 826 mm/s² pada putaran poros 1495 rpm, menghasilkan nilai akselerasi 1180,477 mm/s² pada putaran poros 895 rpm, dan menghasilkan nilai akselerasi 900,006 mm/s² pada putaran poros 295. Nilai putaran poros maksimal yang diijinkan pada getaran kondisi mechanical looseness yaitu 295 rpm. Getaran maksimal yang diijinkan yaitu pada putaran poros sebesar 295 rpm.

Kata kunci : Accelerometer, vibration, FFT, looseness, labVIEW

Abstract

Vibration monitoring is an activity of monitoring vibrations in a rotating machine by recording and analyzing vibrations. High vibration on a machine can be caused by a mechanical looseness case. The purpose of this final project is to find out the shaft rotation that is permitted in the mechanical looseness vibration and to know the cost of making the module. Vibration measurement is done using the ADXL 345 accelerometer sensor which can read the acceleration value of a vibration in the vertical position in the bearing house. The reading of the acceleration value is reprocessed by the Arduino Uno R3 controller and processed into FFT graphics through LabVIEW software. Based on the testing of the acceleration values produced on mechanical looseness the curved foundation category with 2 shim for shaft rotation of 1495 rpm is 949,587 mm/s², shaft rotation 895 rpm produces an acceleration value of 982,610 mm/s², shaft rotation 295 rpm produces acceleration 911,029 mm/s². The second test for the curved foundation with 3 shim at 1495 shaft rotation produces an acceleration value of 1018.86 mm/s², shaft rotation 895 rpm produces an acceleration value of 1214.06 mm/s², for shaft rotation 295 rpm resulting in an acceleration value of 1010,520 mm/s². The third test was carried out on loose bolt conditions by producing an acceleration value of 826 mm/s² at 1495 rpm shaft rotation, resulting in an acceleration value of 1180,477 mm/s² at 895 rpm shaft rotation, and producing an acceleration value of 900,006 mm/s² at shaft rotation 295. Value Maximum shaft rotation is permitted on mechanical looseness vibrations at 295 rpm. The maximum allowable vibration is at the shaft rotation of 295 rpm.

Keyword : Accelerometer, vibration, FFT, looseness, labVIEW

Makalah dikirim 4 Februari 2023; Revisi 24 Maret 2023; Diterima 4 April 2023

1. PENDAHULUAN

Predictive maintenance adalah suatu tindakan yang dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi sistem peralatan. Biasanya pemeliharaan prediktif dilakukan dengan bantuan panca indra dan alat-alat monitor yang canggih [1].

Kegiatan *predictive maintenance* mengidentifikasi *trend* data dan memprediksi suatu *failure* yang akan terjadi. Metode ini mengumpulkan dan menganalisa data-data *real-time* pada kinerja mesin berputar, yang dimana mesin berputar ini beroperasi normal [2].

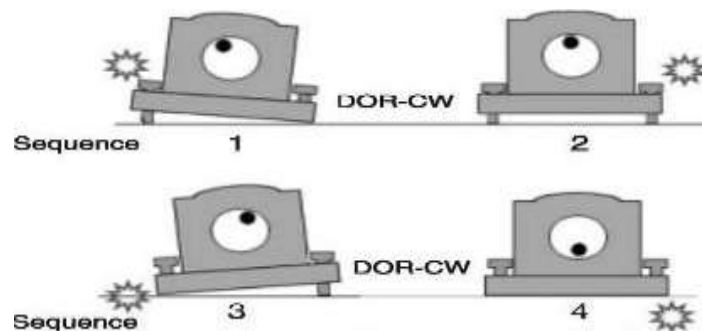
Getaran merupakan gerakan teratur suatu benda secara bolak-balik dari posisi diam atau seimbang [3]. Getaran juga dapat diartikan sebagai gerakan osilasi terhadap suatu titik yang disebabkan oleh getaran yang berada diudara ataupun getaran yang bersifat mekanis yang berasal dari berbagai mesin mekanis yang sedang beroperasi baik berotasi maupun bertranslasi.

Getaran timbul akibat transfer gaya siklik/tersusun melalui elemen-elemen mesin yang ada. Gaya yang menyebabkan getaran ini dapat ditimbulkan oleh beberapa sumber kontak atau benturan antara komponen yang bergerak/berputar, serta getaran akibat putaran dari massa yang tidak seimbang (*unbalance*), *misalignment*, dan kerusakan bantalan. Getaran dapat diakibatkan oleh poros *misalignment*.

Acceleration adalah parameter yang sangat penting dalam analisis mesin-mesin yang berputar dan sangat berguna sekali dalam mendeteksi kerusakan *bearing* serta masalah pada *gearbox* berkecepatan tinggi lebih cepat dan lebih awal. *Acceleration* diartikan sebagai *velocity* yang dengan satuan gravitasi [4].

Pemantauan getaran (*vibration monitoring*) merupakan kegiatan memantau getaran pada sebuah mesin dengan cara merekam dan menganalisis getaran tersebut dapat menggunakan Arduino Uno R3 dan Labview [5]. Pemantauan getaran memungkinkan operator mesin agar mengetahui bahwa mesin tersebut dalam keadaan normal atau abnormal. Untuk keperluan industri pemantauan getaran mesin berputar dilakukan dengan alat *vibration analyzer* seperti pada pompa [6].

Jenis mechanical looseness ini dapat berupa baut yang longgar dan adanya crack pada struktur rangka atau pada bearing pedestal (*Looseness at machine to base plate interface*). Kasus *looseness at machine to base plate interface* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Kasus *Looseness at Machine to Base Plate Interface* [5].

Structure looseness dapat terjadi karena disebabkan oleh kelonggaran pada kaki mesin, *base plate*, atau pondasi dan kelonggaran pada baut penahan, serta distorsi pada rangka.

ADXL 345 merupakan salah satu sensor *accelerometer* yang menangkap respon berupa kemiringan dan juga getaran. *Accelerometer* ADXL 345 adalah modul sensor akselerasi dengan 3 sumbu (*triple acceleration sensor module*) yang memiliki resolusi 32-bit ($2^{13} = 8194$ tingkatan presisi) yang dapat mendeteksi hingga 16 g ($16 \times 9,81$) mm/s^2 .

Aplikasinya mencakup deteksi kemiringan dengan melihat perubahan gaya statik (*static gravity acceleration on tilt sensing application*) dan percepatan dinamik (*dynamic acceleration*) yang timbul akibat gerakan atau tumbukan. Resolusi yang tinggi menghasilkan (3,9 mg/LSB high

resolution) yang memungkinkan sensor *accelerometer* mendeteksi pergerakan dan inklinasi secara halus.

Arduino Uno memiliki 14 digital *pin input/output* (atau biasa ditulis *I/O*, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 *pin input analog*, menggunakan *crystal* 16 MHz, koneksi *USB*, *jack* listrik, *header ICSP* dan tombol *reset*. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel *USB* atau diberi *power* dengan *adaptor AC-DC* atau baterai, dapat menggunakan dengan *Arduino uno* tanpa khawatir akan melakukan sesuatu yang salah. Kemungkinan paling buruk hanyalah kerusakan pada chip *ATMega328*, yang bisa anda ganti sendiri dengan mudah dan dengan harga yang relatif murah.

LabVIEW adalah sebuah *software* pemrograman yang diproduksi oleh National *instruments* dengan konsep yang berbeda. Seperti bahasa pemrograman lainnya yaitu *C++*, *matlab* atau *visual basic*, *LabVIEW* juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa *LabVIEW* menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis text. Program *LabVIEW* dikenal dengan sebutan *vi* atau *virtual instruments* karena penampilan dan operasinya dapat meniru sebuah *instrument*. Pertama-tama *user* membuat *user interface* atau *front panel* dengan menggunakan *control* dan indikator, yang dimaksud dengan kontrol adalah *knobs*, *push buttons*, *dials* dan peralatan *input* lainnya, sedangkan yang dimaksud dengan indikator adalah *graphs*, *LEDs* dan peralatan *display* lainnya. Setelah menyusun *user interface*, lalu *user* menyusun blok diagram yang berisi kode-kode *VIs* untuk mengontrol *front panel* [7] *Fast Fourier Transform (FFT)* bertujuan untuk memudahkan pembacaan sinyal getaran yang berbentuk acak menjadi lebih sederhana. Spektrum yang dihasilkan untuk analisis getaran mewakili penyebab getaran yang terjadi, masing-masing getaran memiliki spektrum getaran yang berbeda-beda, maka untuk menganalisis spektrum yang dihasilkan dapat menentukan penyebab getaran tersebut.

Shim adalah bagian tipis yang terjepit, digunakan untuk mengisi celah kecil atau spasi antara benda-benda. *Shim* biasanya digunakan untuk mendukung, menyesuaikan fit yang lebih baik, atau memberikan permukaan yang rata. *Shim* juga dapat digunakan sebagai spacer untuk mengisi celah antara bagian yang akan digunakan. Banyak material yang dapat digunakan untuk membuat persediaan *shim* yang cocok, atau bahan dasar tergantung pada konteks: kayu, batu, plastik, logam, atau bahkan kertas (misalnya, bila digunakan di bawah kaki meja untuk menyamakan permukaan meja).

Inverter digunakan untuk mengatur kecepatan motor-motor listrik/*servo* motor atau bisa disebut *converter drive*. Motor listrik yang menggunakan *inverter* menjadi *variable speed*. Kecepatannya bisa diubah-ubah atau diatur sesuai kebutuhan.

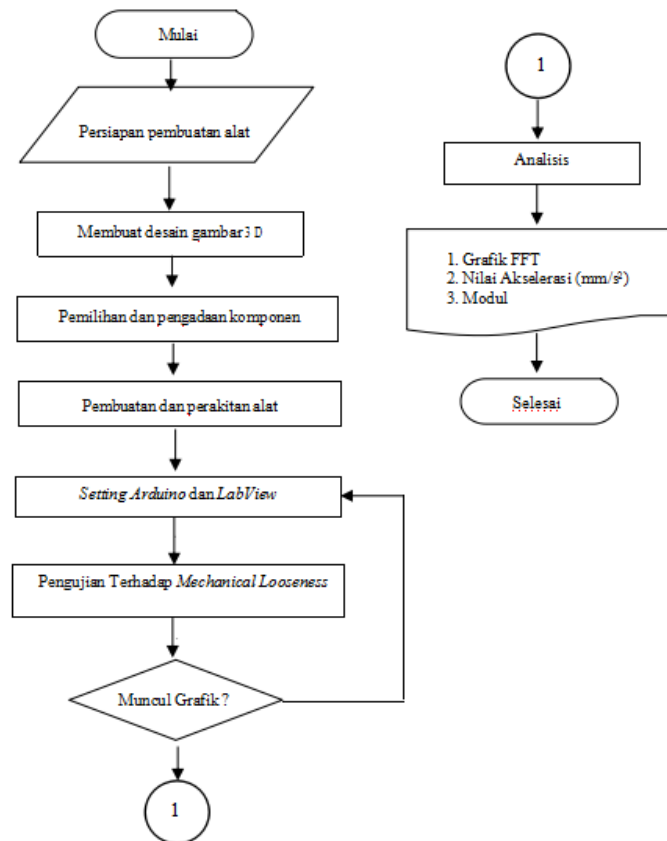
2. METODE PENELITIAN

Uraian perencanaan kegiatan dapat dilihat pada Gambar 2 *flowchart* dan Gambar 3 merupakan Desain Modul Poros Berputar.

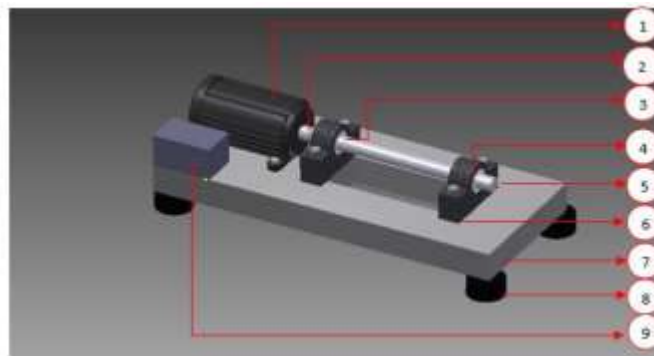
Cara kerja Alat

Cara kerja alat ini adalah ketika sumber listrik dihubungkan pada sumber tegangan maka motor listrik 3 fasa akan menggerakkan poros yang telah ditransmisikan secara langsung melalui kopling. Kegunaan inverter/VFD berfungsi sebagai variabel kecepatan putar motor listrik. Pemasangan baut yang dikondisikan dengan longgar pada *pillow block* disebut *mechanical looseness* sehingga membuat alat ini dalam keadaan abnormal, begitu juga dengan kasus penambahan beberapa *shim* pada bagian pondasi *pillow block* akan mengakibatkan mesin dalam kondisi tidak seimbang.

Ketidakhormalan tersebut akan dilakukan pemantauan (monitoring) terhadap getaran yang ditimbulkan dengan menggunakan sensor *accelerometer* ADXL 345 kemudian data yang diambil dan diolah oleh *arduino* dan diproses oleh *software* *LabVIEW* sehingga menghasilkan grafik *FFT* berupa nilai akselerasi terhadap nilai frekuensi.



Gambar 2. Flowchart Perencanaan Kegiatan.



Gambar 3. Desain Modul Poros Berputar.

Keterangan :

- | | |
|-------------------------|-----------------|
| 1. Motor listrik 3 fasa | 6. Dudukan |
| 2. Kopling | 7. Frame |
| 3. Bearing | 8. Adjuster |
| 4. Pillow block | 9. Inverter/VFD |
| 5. Poros | |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Proses Pengukuran Getaran pada Modul *Predictive Maintenance*

Getaran pada modul *predictive maintenance* ini memiliki beberapa kondisi.

1. Kondisi normal

Pengukuran getaran dalam kondisi normal adalah sebuah pengukuran pada poros berputar tanpa diberikan beban apapun. Pengukuran dilakukan sebanyak 3x dengan rpm yang berbeda yaitu pada putaran motor 1495 rpm (50 Hz), 895 rpm (30 Hz), dan 295 rpm (10 Hz). Modul *Predictive Maintenance* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Modul Poros Berputar.

2. Kondisi *mechanical looseness*

Pengukuran getaran dalam kondisi ini terbagi menjadi dua kategori :

a. Fondasi melengkung

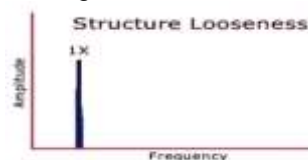
Pengukuran getaran pada kondisi ini dilakukan dengan cara menambahkan pengganjal (*shim*), dengan kondisi *shim* tersebut tidak rata / bergelombang. Penambahan *shim* diletakkan hanya pada bagian salah satu *pillow block*, sehingga posisi *pillow block* menjadi miring. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali dengan putaran motor 1495 rpm (50 Hz), 895 rpm (30 Hz), dan 295 rpm (10 Hz).

b. Baut longgar

Pengukuran getaran kondisi *mechanical looseness* kondisi baut longgar dilakukan dengan cara mengendurkan salah satu baut yang terpasang pada *pillow block*. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali dengan putaran motor berbeda yaitu 1495 rpm (50 Hz), 895 rpm (30 Hz), dan 295 rpm (10 Hz).

3.2. Kondisi *mechanical looseness*

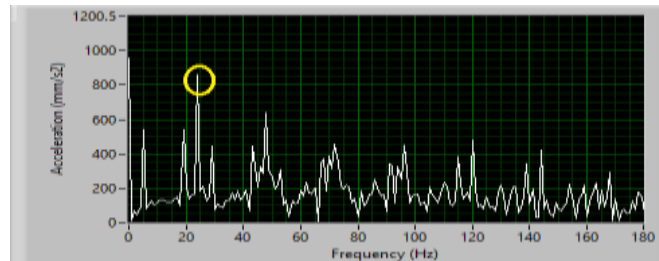
Pengukuran getaran pada kondisi *mechanical looseness* pada fondasi melengkung. Pengukuran getaran yang dilakukan pada kondisi ini terbagi menjadi dua variasi yaitu dengan pengganjalan tiga *shim* dan pengganjalan dua *shim*. Berikut ini adalah gambar *trend level vibration chart structure looseness* yang menunjukkan kondisi fondasi melengkung dapat dilihat pada Gambar 5, dimana kondisi ini menghasilkan nilai dominan pada 1 x rpm.



Gambar 5. Trend Level Vibration Chart Structure Loosenes.

a. Pengukuran ke-1

Pengukuran getaran pertama pada fondasi melengkung dilakukan dengan putaran poros 1495 rpm (50 Hz), hasil grafik *FFT* pengukuran getaran dengan 2 *shim* dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



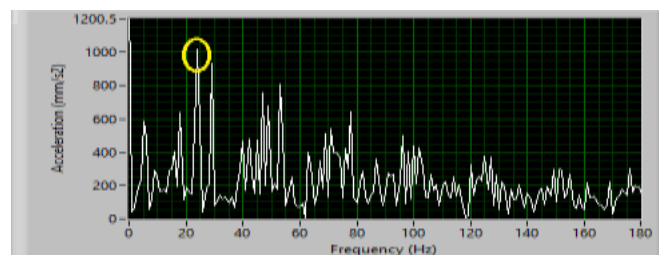
Gambar 6. Grafik FFT Fondasi Melengkung 2 Shim 1495 Rpm (50 Hz).

Nilai akselerasi yang dihasilkan pada getaran kondisi fondasi melengkung dengan putaran poros 1495 rpm (50 Hz) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Nilai Akselerasi Fondasi Melengkung 2 Shim 1495 Rpm (50 Hz).

Nilai akselerasi terendah	125,439 mm/ s ²
Nilai akselerasi tertinggi	949,587 mm/s ²
Nilai akselerasi rata-rata	213,294 mm/ s ²

Pengukuran selanjutnya untuk putaran poros 1495 rpm dilakukan pada fondasi melengkung dengan pengganjalan tiga *shim* yang dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Grafik FFT Fondasi Melengkung 3 Shim 1495 Rpm (50 Hz).

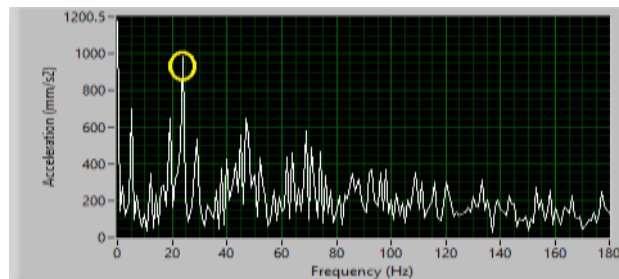
Nilai akselerasi yang dihasilkan pada getaran kondisi fondasi melengkung dengan putaran poros 1495 rpm (50 Hz) dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Nilai Akselerasi Fondasi Melengkung 3 Shim 1495 Rpm (50 Hz).

Nilai akselerasi terendah	157,104 mm/ s ²
Nilai akselerasi tertinggi	1018,86 mm/s ²
Nilai akselerasi rata-rata	220,525 mm/ s ²

b. Pengukuran ke-2

Pengukuran getaran kedua pada kondisifondasi melengkung dilakukan dengan putaran motor 895 rpm (30 Hz), hasil grafik *FFT* pengukuran getaran dengan 2 *shim* dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai akselerasi yang dihasilkan pada getaran kondisi fondasi melengkung dengan putaran poros 895 rpm (30 Hz) dapat dilihat pada Tabel 3.

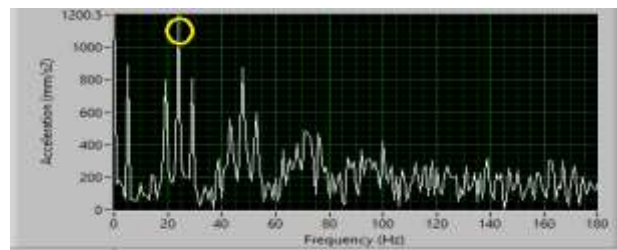


Gambar 8. Grafik FFT Fondasi Melengkung 2 Shim 895 Rpm (30 Hz).

Tabel 3. Nilai Akselerasi Fondasi Melengkung 2 Shim 895 Rpm (30 Hz).

Nilai akselerasi terendah	125,317 mm/ s ²
Nilai akselerasi tertinggi	982,610 mm/s ²
Nilai akselerasi rata-rata	209,522 mm/ s ²

Pengukuran selanjutnya untuk putaran poros 895 rpm dilakukan pada fondasi melengkung dengan pengganjalan tiga shim yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik FFT Fondasi Melengkung 3 Shim 895 Rpm (30 Hz).

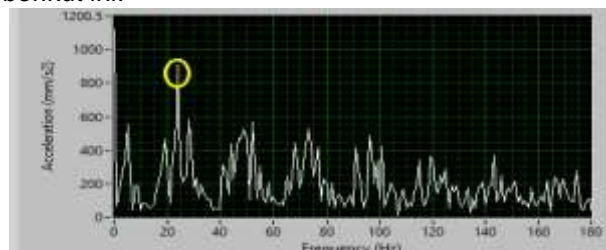
Nilai akselerasi yang dihasilkan pada getaran kondisi fondasi melengkung dengan putaran poros 895 rpm (30 Hz) dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Nilai Akselerasi Fondasi Melengkung 3 Shim 895 Rpm (30 Hz).

Nilai akselerasi terendah	163,205 mm/ s ²
Nilai akselerasi tertinggi	1214,060 mm/s ²
Nilai akselerasi rata-rata	213,407 mm/ s ²

c. Pengukuran ke-3

Pengukuran getaran kedua pada kondisi fondasi melengkung dilakukan dengan putaran motor 295 rpm (10 Hz), hasil grafik *FTT* pengukuran getaran dengan 2 shim dapat dilihat pada Gambar 10 berikut ini.



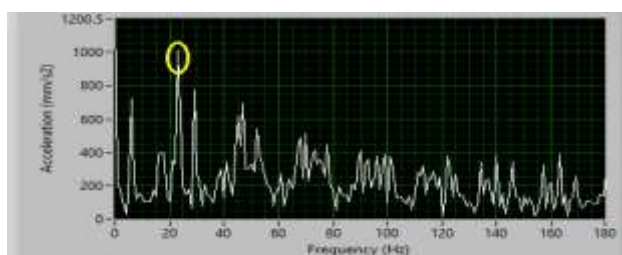
Gambar 10. Grafik FFT Fondasi Melengkung 2 Shim 295 Rpm (10 Hz).

Nilai akselerasi yang dihasilkan pada getaran kondisi fondasi melengkung dengan putaran poros 295 rpm (10 Hz) dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Nilai Akselerasi Fondasi Melengkung 2 Shim 295 Rpm (10 Hz).

Nilai akselerasi terendah	113,018 mm/ s ²
Nilai akselerasi tertinggi	911,029 mm/s ²
Nilai akselerasi rata-rata	195,440 mm/ s ²

Pengukuran selanjutnya untuk putaran poros 895 rpm dilakukan pada fondasi melengkung dengan pengganjalan tiga shim yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik FFT Fondasi Melengkung 3 Shim 295 Rpm (10 Hz).

Nilai akselerasi yang dihasilkan pada getaran kondisi fondasi melengkung dengan putaran poros 295 rpm (10 Hz) dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Nilai Akselerasi Fondasi Melengkung 3 Shim 295 Rpm (10 Hz).

Nilai akselerasi terendah	135,935 mm/ s ²
Nilai akselerasi tertinggi	1010,520 mm/s ²
Nilai akselerasi rata-rata	218,455 mm/ s ²

Secara keseluruhan bentuk grafik *FFT* pada getaran dengan kondisi fondasi melengkung untuk semua pengukuran baik dua shim maupun tiga shim mempunyai pola yang menyerupai dengan *trend level chart vibration structure looseness*, dimana berdasarkan tiga kali pengukuran dengan berbeda-beda putaran poros nilai dominan muncul pada 1 x rpm yang menunjukkan adanya gejala *mechanical looseness*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan modul *predictive maintenance* dan pengujian *mechanical looseness* pada poros berputar, maka dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan pengukuran grafik *FFT mechanical looseness* sesuai dengan *trend level vibration chart* baik dari kondisi fondasi melengkung yang menghasilkan *peak* dominan pada 1 x rpm maupun dari kondisi baut longgar yang menghasilkan *peak* dominan pada 2 x rpm.
2. Putaran poros berpengaruh pada hasil grafik *FFT* yaitu dari segi *peak* yang muncul, jarak antar *peak* dan tentunya mempengaruhi nilai akselerasi, namun tidak merubah pola grafik itu sendiri.
3. Putaran poros maksimal yang diijinkan pada getaran kondisi *mechanical looseness* untuk kondisi fondasi melengkung yaitu 295 rpm (10 Hz).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardian, Aan. Handout “Perawatan dan Perbaikan Mesin”. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- [2] Anonim. “*Predictive Maintenance* dalam Optimalisasi Kegiatan *Asset Maintenance*”. <http://www.tiaravib.com/media/484631eab55917e067ec55b06a8bdb0f.pdf>
- [3] Wikipedia.org (diambil tanggal 9 Januari 2023). <https://id.wikipedia.org/wiki/Getaran>
- [4] Sceffer, C. *Practical Machinery Vibration Analisis & Predictive Maintenance*. Elsevier. USA 2004.
- [5] Rachmanu, F., Suherman, M., Permana, Y. (2017). Studi Sistem Monitoring Getaran pada Modul Mesin Berputar Satu Disc Menggunakan LabVIEW dan FEM. *Elektra*, 2(2), 32–41.
- [6] Rachmanu, F. (2022). Pemantauan Kondisi Pompa Sentrifugal P-12A Menggunakan Analisis Vibrasi Studi Kasus di PT. X. *Jurnal Ramatekno*, 2(1), 14–19. <https://ejournal.pei.ac.id/index.php/JRT1/article/view/34/23>
- [7] Wibowo, AS. (2009). LabVIEW. Pengendalian Level Ketinggian Air Dengan Menggunakan Kendali Logika Fuzzy, Tugas Akhir, Universitas Komputer Bandung. <https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/398/jbptunikompp-gdl-setiawanar-19859-9-babii.pdf>