

# ANALISA RESPON GETARAN PADA TURBIN FRANCIS DENGAN MENGGUNAKAN SINYAL SUARA

## *Vibration Response Analysis of the Francis Turbine Using Sound Signals*

M.Hapis Apmarwansahrowi\*, Dedi Suryadi, Helmizar

Prodi. Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu,  
Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu, Indonesia 38371

### Abstract

*Damage is very common in the PLTA Hydroelectric francis turbine, usually appearing on parts, clutches, gears, bearings, or other drive components. Proper fault diagnosis can help to reduce or even prevent breakdowns. To identify damage to the turbine can use sound signal analysis. This method analyzes using sound signals. By analogizing vibrations as sound waves produced by mechanical vibrations, it is hoped that the sound signal can be used as a parameter to determine the condition of the turbine. In this study, to get the best signal, a microphone is used as a sensor to capture sound signals which are placed on the guide bearing of the hydropower test turbine. The sound signal in the time domain is then transferred to a signal in the frequency domain using Fast Fourier Transform (FFT). The results of the test showed that there were 2 active frequencies, 1x rpm and 2x rpm at a turbine rotation of 500 rpm for 6 days of testing. These characteristics indicate the identification of the problem of the bent shaft on the turbine.*

**Keywords:** *Francis turbine, matlab software, domain time and domain frequency*

## 1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar dalam kehidupan terutama di wilayah Indonesia [1]. Kondisi topografi Indonesia yang bergunung dan banyak sungai yang cukup potensial sebagai sumber air [2]. Sumber air yang cukup potensial tersebut menyebabkan Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTA salah satu sebagai pemanfaatan energi terbarukan untuk menunjang kebutuhan listrik Indonesia [3]. Potensi pengembangan dan pemanfaatan sumber daya air salah satunya di desa Turang Tiging kecamatan Lebong Selatan, kabupaten Lebong, provinsi Bengkulu. PLTA ini dikenal dengan PLTA Tes. PLTA Tes menghasilkan daya terpasang sebesar 23,200 KW. Dalam pengoperasiannya, PLTA Tes ini menggunakan turbin. Turbin merupakan alat penggerak di mana fluida (air) memutar *runner* kemudian poros yang terhubung ke *runner* menggerakkan generator yang diubah menjadi listrik [4]. Turbin yang memiliki komponen utama seperti *runner*, roda gigi, poros dan *bearing* akan mudah mengalami berbagai kerusakan, salah satunya disebabkan oleh getaran. Pencegahan dapat dilakukan agar tidak terjadi kerusakan yang tidak terencana salah satunya *predictive maintenance* [5]. *Predictive maintenance* adalah perawatan yang dilakukan untuk pencegahan sebelum mesin rusak sehingga tidak dapat beroperasi [6].

Untuk diagnose pada mesin berotasi berbagai teknik tersedia, metode sinyal suara [7]. Sinyal suara yang dihasilkan berupa fenomena fisik yang memberikan informasi tentang perilaku suatu sistem dan dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan kondisi dari mesin. Dengan mempertimbangkan suara sebagai perambatan gelombang suara akustik yang dihasilkan oleh getaran mekanis, dapat diharapkan bahwa gelombang suara akustik yang dihasilkan oleh mesin berisi informasi tentang perilaku mesin dan kondisi operasi [8].

Kerusakan sangat umum terjadi dalam aplikasi industri, biasanya muncul selama proses perakitan, kopling, roda gigi, bantalan atau komponen penggerak lainnya. Diagnosis kesalahan yang tepat dari mesin berputar dalam industri dapat membantu untuk mengurangi atau bahkan mencegah breakdown pada mesin [9].

Untuk mengukur sinyal getaran, pada awalnya harus memilih lokasi tertentu seperti bantalan atau gearbox dan memasang accelerometer pada bagian tertentu untuk mendiagnosisnya. Namun ini membutuhkan waktu yang cukup lama, terutama untuk inspeksi besar-besaran pada banyak mesin yang berbeda. Ini adalah konsekuensi langsung karena sensor accelerometer harus dilepas dari mesin yang diuji dan dipasang kembali ke mesin lain [10].

Serta sensor accelerometer yang dipasang pada mekanisme dapat menyebabkan serangkaian masalah seperti sinyal diperoleh bervariasi sesuai dengan posisi sensor dan biaya tambahan [11]. Solusi dari permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan metode non contact measurement, di mana sensor tidak menempel langsung terhadap alat yang akan diuji. *Microphone* merupakan salah satu sensor penangkap sinyal

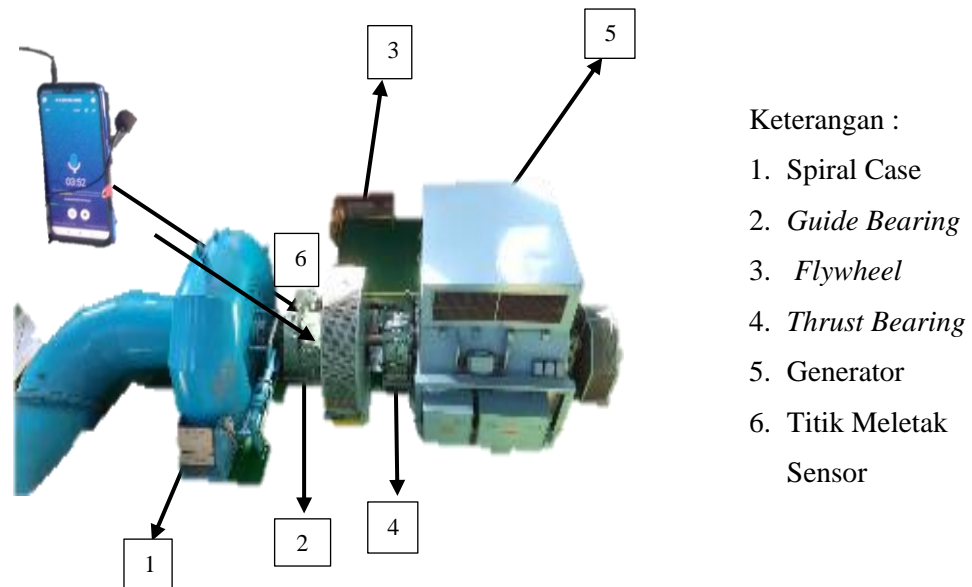
suara dengan harga yang murah serta penggunaannya tanpa harus kontak terhadap alat yang akan diuji. Suatu rotor yang diputar oleh motor listrik dapat dilakukan pengambilan sinyal suara menggunakan microphone [12].

Analisis sinyal suara akustik untuk deteksi kerusakan pada motor induksi memiliki keuntungan bahwa hasilnya tidak tergantung pada jenis daya pada mesin. Sensor utama adalah mikrofon akustik standar yang dapat ditempatkan di mana saja di dekat mesin yang sedang dianalisis, bukan harus dalam kontak langsung, yang mempermudah pemasangannya. Namun demikian, kelemahan dari analisis sinyal suara akustik adalah kepekaannya terhadap gangguan suara dari luar atau noise yang harus dihindari [13]. Berdasar hal di atas, maka pada kesempatan kali ini akan membahas analisa respon getaran pada turbin francis PLTA Tes dengan menggunakan sinyal suara.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada turbin francis pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Tes. Turbin merupakan alat penggerak yang digunakan PLTA. Dalam pengoperasiannya, didapatkan suara yang bising yang berlebihan akibat kerusakan komponen akibat getaran. Sinyal suara ini yang selanjutnya direkam oleh *microphone*. Penelitian ini menggunakan satu *microphone* sebagai sensor, *micropone* dipasang pada bantalan karena pada bantalan merupakan elemen yang berperan sebagai penunpu sistem yang banyak menghasilkan sinyal suara, setelah itu data pengujian dalam domain waktu ditransfer menjadi sinyal dalam domain frekuensi dengan menggunakan Fast Fourier Transform (FFT).

Karena FFT mampu menunjukkan kandungan frekuensi pada sinyal dan menunjukkan berapa banyak komponen frekuensi yang ada pada sinyal. Dalam penelitian dilakukan pengujian selama 6 hari. Setiap hari dilakukan 3 kali pengambilan data yaitu pagi, siang dan sore hari. Masing-masing kondisi tersebut akan dilihat respon getaran yang dihasilkan dalam kecepatan sama dengan time record yang sama yaitu 240 detik. Skema pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Skema Pengambilan data

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

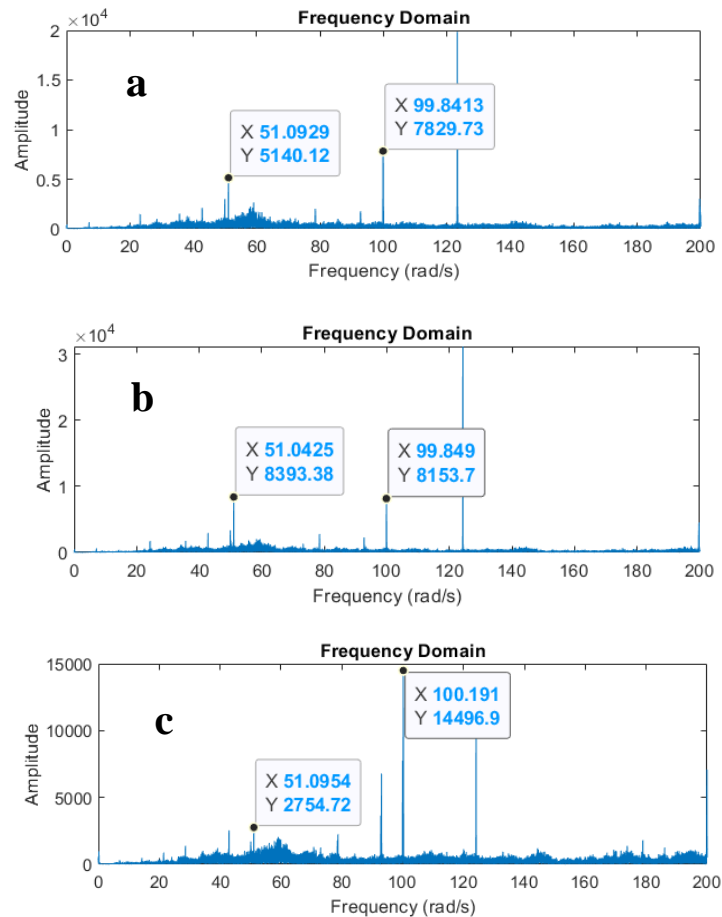
Pada pengujian ini dilakukan dengan proses rekam sinyal suara dengan menggunakan micropohone boya by M1. Pengujian ini dilakukan selama 6 hari di turbin unit 4 PLTA Tes. Dimana setiap hari dilakukan 3 kali pengujian yaitu pagi, siang dan sore. Kecepatan putar poros adalah 500 rpm dengan *time record* 240 detik dalam *range* frekuensi 200 rad/s. Dari pengujian ini diperoleh suatu respon data dalam domain waktu, selanjutnya data-data ini

di analisis menggunakan *software matlab* dengan metode *Fast Fourier Transform (FFT)* sehingga diperoleh respon dalam domain frekuensi.

### 3.1 Karakteristik Respon Getaran Pada Turbin Unit 4

#### 1. Pengujian hari ke-1

Hasil pengujian hari ke-1, dimana dilakukan 3 kali pengambilan data yaitu pada waktu pagi hari, siang dan sore hari. Pada pengujian ini putaran poros turbin sebesar 500 rpm dan *time record* 240 detik. Analisis respon getaran pada hari ke-1 dapat dilihat pada Gambar 2

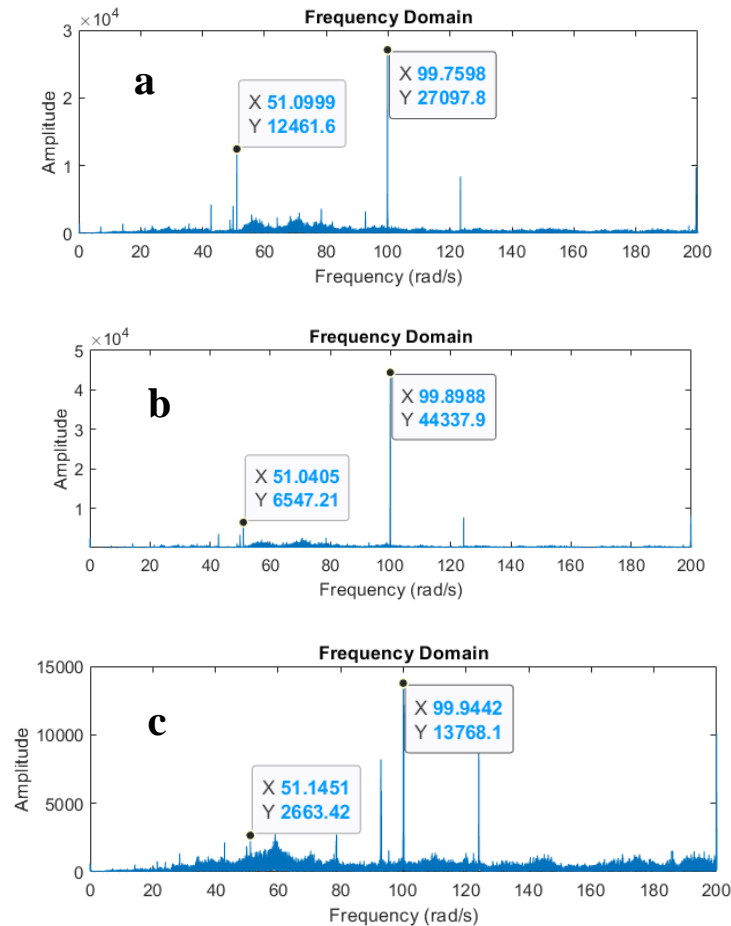


**Gambar 2.** Respon Getaran Hari Ke 1 pada kondisi (a) pagi hari, (b) Siang hari, (c) Sore hari.

Pada respon pagi hari dengan kecepatan 500 rpm muncul frekuensi 51,09 rad/s *amplitude* suara 5.140,12 dB dan frekuensi 99,84 rad/s *amplitude* suara 7.829,73 dB. Pada respon getaran siang hari dengan kecepatan 500 rpm muncul frekuensi 51,04 rad/s *amplitude* suara 8.393,38 dB dan frekuensi 99,84 rad/s *amplitude* suara 8.153,7 dB. Sedangkan respon getaran sore hari pada kecepatan 500 rpm terdapat frekuensi 51,09 *amplitudo* suara 2.754.72 dB dan frekuensi 100,19 rad/s *amplitude* suara 14.496,9 dB.

#### 2. Pengujian Hari ke-2

Hasil pengujian hari ke-2, dimana dilakukan 3 kali pengambilan data yaitu pada waktu pagi hari, siang dan sore hari. Pada pengujian ini putaran poros turbin sebesar 500 rpm dan *time record* 240 detik. Analisis respon getaran pada hari ke-2 dapat dilihat pada Gambar 3.

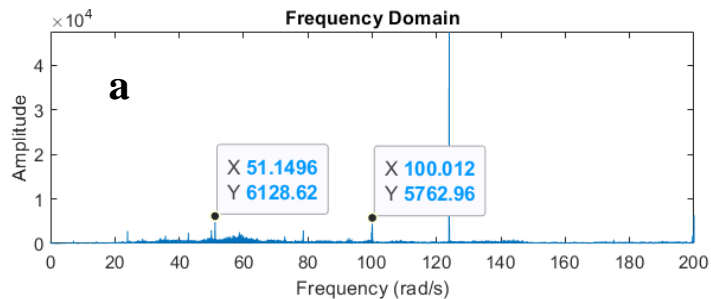


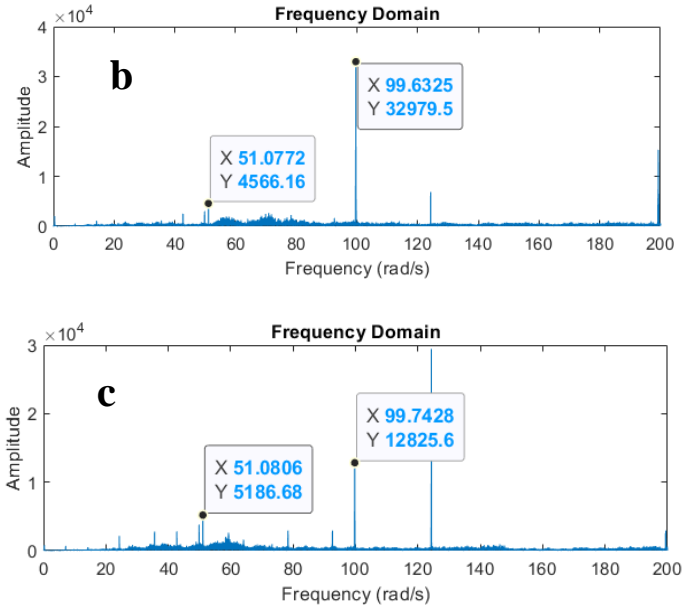
**Gambar 3.** Respon Getaran Hari Ke 2 pada kondisi (a) pagi hari, (b) Siang hari, (c) Sore hari.

Pada respon pagi hari, dimana kecepatan putaran poros 500 rpm muncul frekuensi 51,09 rad/s *amplitude* suara 12.461,6 dB dan frekuensi 99,75 rad/s *amplitude* suara 27.097,8 dB. Hasil respon getaran pada siang hari pada kecepatan 500 rpm muncul frekuensi 51,04 rad/s *amplitude* suara 6.547,21 dB dan frekuensi 99,89 rad/s *amplitude* suara 44.337,9 dB. Sedangkan pada respon getaran sore hari dengan kecepatan 500 rpm terdapat frekuensi 51,14 *amplitudo* suara 2.663.42 dB dan frekuensi 99,94 rad/s *amplitude* suara 13.768,1 dB.

### 3. Pengujian Hari ke-3

Pengujian hari ke-3 dilakukan 3 kali pengambilan data yaitu pada waktu pagi hari, siang dan sore hari. Pada pengujian ini putaran poros turbin sebesar 500 rpm dan *time record* 240 detik. Analisis respon getaran pada hari ke-3 dapat dilihat pada Gambar 4.





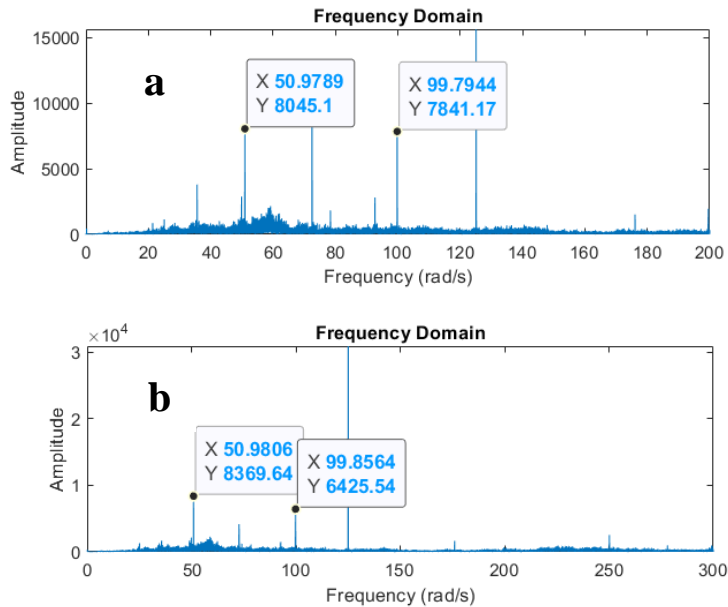
**Gambar 4.** Respon Getaran Hari Ke 3 pada kondisi (a) pagi hari, (b) Siang hari, (c) Sore hari.

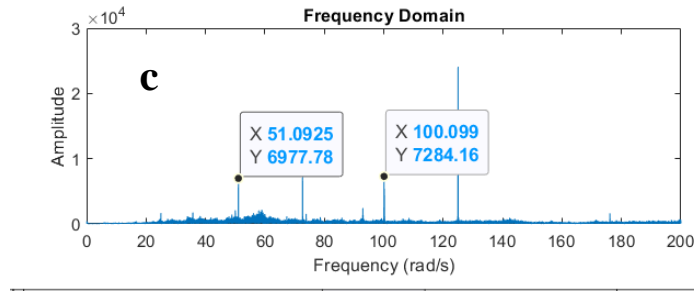
Pada respon getaran pagi hari, dimana kecepatan putaran poros 500 rpm muncul frekuensi 51,14 rad/s *amplitude* suara 6.128,62 dB dan frekuensi 100,01 rad/s *amplitude* suara 5.762,96 dB. Pada respon getaran siang hari dengan kecepatan 500 rpm muncul frekuensi 51,07 rad/s *amplitude* suara 4.566,16 dB dan frekuensi 99,63 rad/s *amplitude* suara 32.979,5 dB.

Pada hasil respon getaran sore hari, dimana kecepatan putaran poros 500 rpm muncul frekuensi 51,08 *amplitudo* suara 5.186,68 dB dan frekuensi 99,74 rad/s *amplitude* suara 12.825,6 dB.

4. Pengujian Hari ke-4

Pengujian hari ke-4 dilakukan 3 kali pengambilan data yaitu pada waktu pagi hari, siang dan sore hari. Pada pengujian ini putaran poros turbin sebesar 500 rpm dan *time record* 240 detik. Analisis respon getaran pada hari ke-4 dapat dilihat pada Gambar 5.



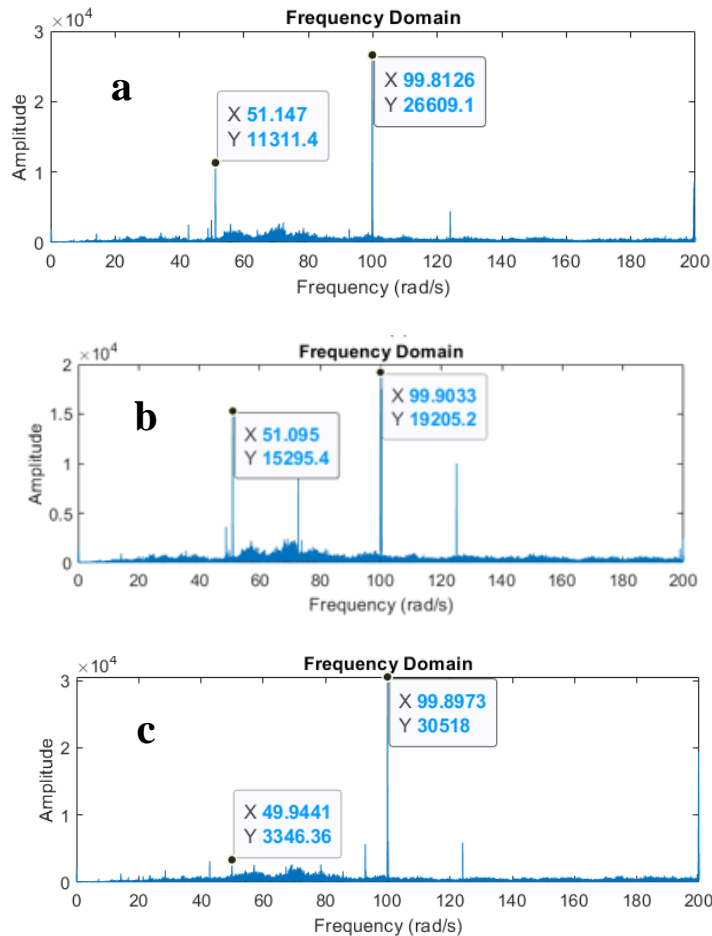


**Gambar 5.** Respon Getaran Hari Ke 4 pada kondisi (a) pagi hari, (b) Siang hari, (c) Sore hari

Pada respon getaran pagi hari, dimana kecepatan putaran poros 500 rpm muncul frekuensi 50,97 rad/s *amplitude* suara 8.045,1 dB dan frekuensi 99,79 rad/s *amplitude* suara 7.841,17 dB. Pada respon siang hari muncul frekuensi 50,98 rad/s *amplitude* suara 8.369,64 dB dan frekuensi 99,85 rad/s *amplitude* suara 6.425.54 dB. Pada hasil respon getaran sore hari, dimana kecepatan putaran poros 500 rpm muncul frekuensi 51,09 *amplitudo* suara 6.977,78 dB dan frekuensi 100,09 rad/s *amplitude* suara 7.284,16 dB.

5. Pengujian Hari ke-5

Pengujian hari ke-4 dilakukan 3 kali pengambilan data yaitu pada waktu pagi hari, siang dan sore hari. Pada pengujian ini putaran poros turbin sebesar 500 rpm dan *time record* 240 detik. Analisis respon getaran pada hari ke-5 dapat dilihat pada Gambar 6.

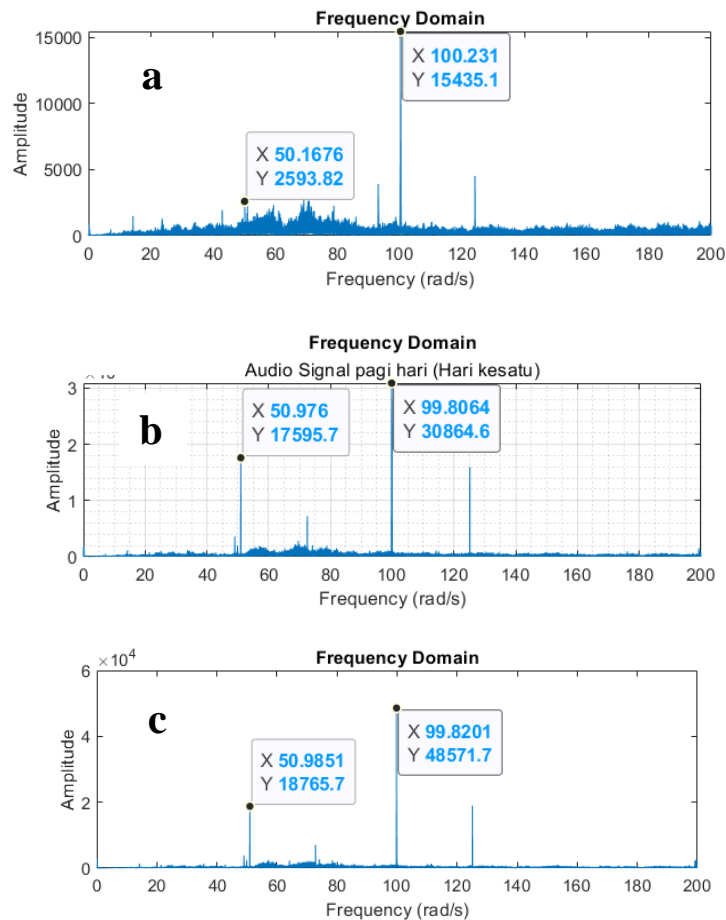


**Gambar 6.** Respon Getaran Hari Ke 5 pada kondisi (a) pagi hari, (b) Siang hari, (c) Sore hari

Pada respon getaran pagi hari, dimana kecepatan putaran poros 500 rpm muncul frekuensi 51,14 rad/s *amplitude* suara 11.311,4 dB dan frekuensi 99,81 rad/s *amplitude* suara 26.609,1 dB. Pada respon siang hari didapatkan frekuensi 51,09 rad/s *amplitude* suara 15.295,4 dB dan frekuensi 99,90 rad/s *amplitude* suara 19.205,2 dB. Pada hasil respon getaran sore hari, dimana kecepatan putaran poros 500 rpm muncul frekuensi 49,94 *amplitudo* suara 3.346,36 dB dan frekuensi 99,89 rad/s *amplitude* suara 30.518 dB.

6. Pengujian Hari ke-6

Pengujian hari ke-4 dilakukan 3 kali pengambilan data yaitu pada waktu pagi hari, siang dan sore hari. Pada pengujian ini putaran poros turbin sebesar 500 rpm dan *time record* 240 detik. Analisis respon getaran pada hari ke-6 dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Respon Getaran Hari Ke 5 pada kondisi (a) pagi hari, (b) Siang hari, (c) Sore hari

Pada hasil respon getaran pagi hari, dimana kecepatan putaran poros 500 rpm muncul frekuensi 50,16 rad/s *amplitude* suara 2.593,82 dB dan frekuensi 100,23 rad/s *amplitude* suara 15.435,1 dB. Respon getaran soang hari didapatkan frekuensi 50,97 rad/s *amplitude* suara 17.595,7 dB dan frekuensi 99,80 rad/s *amplitude* suara 30.864,6 dB. Hasil respon getaran sore hari, dimana kecepatan putaran poros 500 rpm muncul frekuensi 50,98 *amplitudo* suara 18,765,7 dB dan frekuensi 99,82 rad/s *amplitude* suara 48.571,7 dB

Setiap kurva-kurva didapatkan 2 puncak di domain frekuensi 1x rpm dan 2x rpm, dimana puncak tersebut merupakan frekuensi aktif yang terjadi. Frekuensi aktif merupakan frekuensi yang muncul sebanding dengan gaya gangguan yang merupakan kecepatan pada rotasi tersebut. Sedangkan untuk nilai amplitudo, dimana saat pengujian di pagi, siang dan sore hari antara 1x rpm dan 2x rpm naik turun. Dengan naik turunnya nilai amplitude bisa diakibatkan karena adanya *noise* atau gangguan sinyal .

*Noise* atau gangguan sinyal ini bisa mengubah sinyal asli, menambah atau mengurangi nilai amplitude. Sinyal gangguan atau noise bersifat akustik (suara) dalam suatu sistem dalam bentuk gangguan yang bukan merupakan

sinyal yang diinginkan. Gangguan yang diakibatkan oleh noise dapat mengubah sinyal informasi, yang menyebabkan gelombang sinus mempunyai sinyal noise kecil yang bergabung di dalamnya.

Hasil penelitian ini sesuai pada buku *Proven Method For Specifying Both Spectral Alarm Band As Well As Narrowband Alarm Envelopes Using Today's Condition Monitoring Software System (4<sup>th</sup> Edition)* yang ditulis oleh James E. Berry yang menyatakan bahwa bentuk respon getaran akibat poros bengkok memiliki ciri frekuensi aktif 1x rpm dan 2x rpm<sup>[14]</sup>. Berdasarkan hal ini, respon getaran yang didapatkan pada turbin Francis unit 4 PLTA Tes mengalami masalah poros bengkok.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan yaitu pada pengujian analisis respon getaran turbin unit 4 PLTA Tes terdapat kerusakan pembengkokan poros dengan ditunjukkan frekuensi aktif 1x rpm dan 2x rpm pada *frequency domain* disetiap pengujian hari ke-1 sampai ke-6.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuningsih, A. dan Masduki, A., 2011, Potential Energy of Ocean Current for Electric Power Generation in Coastal Areas of East Flores NTT. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 3, No. 1, 13-25
- [2] Pietersz, R., Soenoko, R. dan Wahyudi, S., 2014, Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal. *Rekayasa Mesin*. Vol. 4, No. 3, 220-226.
- [3] Hakim, M.L., Yuniarti, N., Sukir, S. dan Damarwan, E.S. 2020, Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro. *Jurnal Edukasi Elektro*. Vol. 4, No. 1, 75-81.
- [4] Bensardi, B., 2019, Analisis Prestasi Turbin Francis Pada PLTA Karebbe. *Journal Teknik Mesin*. Vol. 1, No. 2, 7-12.
- [5] Anggriawan, A dan Huda, F., 2018, Deteksi Kerusakan Motor Induksi dengan Menggunakan Sinyal Suara. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, Vol. 5, No. 1, 1-7.
- [6] Sinha, J. K., 2008, Vibration-based diagnosis techniques used in nuclear power plants, *Nuclear Engineering Design*, Vol. 238, 2439-2452.
- [7] Delgado-arredondo, P.A., Rostro, H. dan Romero, R.D. 2017, Methodology for fault detection in induction motors via sound and vibration signals, *Mechanical Systems Signal Process*. Vol. 83, 568–589.
- [8] Gao, Z., Cecati, C. dan Ding, S.X., 2015, A survey of fault diagnosis and fault-tolerant techniques— Part I: Fault diagnosis with model-based and signal-based approaches”, *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 62, no. 6, 3757–3767.
- [9] Seo, D.H., Jeon, J.H. dan Kim, Y.H., 2008, A novel sensing method of fault in moving machine, *Mechanical Systems Signal Process*. Vol. 45, No. 1, 154–169.
- [10] Jung, J.H., Jeon, B.C. dan Youn, B.D., 2017, Omnidirectional regeneration (ODR) of proximity sensor signals for robust diagnosis of journal bearing systems, *Mechanical Systems Signal Process*. Vol. 90, 189–207.
- [11] Suryadi, D, Febriyanto, M.R. dan Fitrilina, F., 2021, Analisis Ketidaksesumbuan Poros (Misalignment) pada Rotordinamik Berdasarkan Sinyal Suara. *Jurnal Rekayasa Mesin*. Vol. 12, No. 2, 487-495.
- [12] Perezcabal, G., Martinez, L., 2011, Application of high-resolution spectral analysis for identifying faults in induction motors by means of sound, *Journal of Vibration Control*. Vol. 18, 1585–1594.
- [13] Berry, J. dan Well A.S. 1961, *Proven Method for Specifying Both Spectral Alarm Bands as well as Narrowband Alarm Envelopes Using Today's Condition Monitoring Software Systems, 4th Edition*. Technical Associates of Charlotte, PC, 347 North C Swell Rod.