

ANALISIS GETARAN *TAPERED ROLLER BEARING* PADA *TURBINE PROPELLER* SEBELUM DAN SESUDAH PELUMASAN (OLI & *GREASE*) DENGAN METODE *BUMP TEST*

¹Muhammad Ikhsan, ²Monika Audiya Pratiwi, ³Rio Duzan Octavianto, ⁴Abdul Hamid, ⁵Subekti Subekti

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana

¹muhammad_ikhsan030396@yahoo.co.id

INFO ARTIKEL

Diterima : 00 Agustus 00

Direvisi : 00 Agustus 00

Disetujui : 00 Agustus 00

Kata Kunci:

Bearing, *Bump Test*, Frekuensi, Karakteristik Dinamik, Modus Getaran, *Tapered Roller*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada *Tapered Roller Bearing Turbine Propeller* yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik getaran yang dimiliki oleh *tapered roller bearing* tersebut sebelum dan sesudah pelumasan (oli & grease). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran *Bump Test* pada tiga posisi pengukuran yaitu sumbu X, Y dan Z. Alat ukur yang digunakan adalah *FFT Analyzer* (Ono SOKKI) dan data dianalisis menggunakan perangkat lunak MATLAB. Hasil penelitian yang dilakukan diperoleh bahwa frekuensi pribadi yang muncul lebih dari satu posisi pengukuran dengan rentang frekuensi yang digunakan 1 – 100 Hz. Hal ini menunjukkan adanya modus getar global. Frekuensi pribadi yang selalu muncul pada setiap posisi pengukuran baik sebelum dan sesudah pelumasan (oli & grease) adalah 4, 12, 20, 28, 36, 44, dan 52 Hz. Frekuensi yang hanya muncul satu kali pada posisi pengukuran menunjukkan modus getar lokal. Berdasarkan hasil pengukuran juga didapatkan bahwa jumlah frekuensi pribadi yang paling banyak muncul baik sebelum dan sesudah pelumasan (oli & grease) yaitu pada posisi pengukuran sumbu Y dan yang paling sedikit muncul yaitu posisi pengukuran sumbu X.

I. PENDAHULUAN

Bearing adalah bagian mesin yang memiliki fungsi sebagai tumpuan poros, agar poros dapat berputar dengan baik dan aman, serta mengurangi *lost* daya karena gesekan. Oleh karena itu, *Bearing* yang kuat dibutuhkan untuk menahan gaya yang timbul pada poros. Sebaliknya, kerja keseluruhan sistem akan berkurang dan tidak bekerja sesuai harapan apabila *bearing* tidak berfungsi dengan baik.

Tapered Roller bearing merupakan salah satu jenis *bearing* yang berbentuk menyerupai kerucut dan memiliki dua buah roller yang berseberangan, yakni dibagian luar dan didalamnya.. Salah satu jenis *bearing* yang mempunyai elemen putar dengan bentuk silinder agak runcing adalah *Tapered roller bearing*. Ketika ditarik sebuah garis lurus, *bearing* jenis ini akan menyilang pada titik tertentu pada sumbu bantalan. *Tapered roller* dan *cone* atau *inner ring* dari *bearing* ini memiliki bentuk terpisah dari *cup* atau *outer ring*. Hal ini yang menyebabkan *tapered roller bearing* dapat menopang atau menanggung beban yang sangat berat. Sedangkan kelemahan dari *tapered roller bearing* adalah tidak dapat dioperasikan dengan kecepatan tinggi. Hanya dapat dioperasikan dalam kecepatan sedang dan rendah saja.

Ketika bantalan dilepas dari sebuah poros atau rumah (*housing bearing*), maka kerusakan pada bearing tersebut dapat dianalisis dengan lebih mudah. Kasus kerusakan bearing yang dapat diidentifikasi secara visual antara lain, akibat beban berlebih, kelebihan panas, kesalahan ketika pemasangan, kontaminasi, kesalahan pelumas dan lain-lainnya. Kesalahan tersebut saat ini dapat dianalisis oleh teknologi yang mutakhir.

Vibration test adalah sebuah uji yang dilakukan untuk mengukur getaran pada *bearing*. Pengujian uji *bump test* merupakan salah satu jenis *vibration test* yang cepat dan ekonomis yang dirancang untuk mode getaran dan struktur mesin. Tes "benturan" (atau tabrakan) adalah cara terbaik untuk memastikan

bahwa getaran *end-wall* yang merusak tidak terjadi pada *engine* baru, dan biasanya dilakukan pada generator turbin [1].

Prosedur uji singkat meliputi pengukuran Fungsi Respon Frekuensi (FRF). FRF merupakan perbandingan antara sinyal respon getaran yang diterima oleh suatu struktur mekanika akibat adanya gaya eksitasi getaran dari suatu sistem dalam domain frekuensi. Sinyal respon getaran maupun sinyal eksitasi getaran keduanya diukur secara bersamaan dengan menggunakan sensor getaran dan *bump test* sebagai gaya eksitasi. Dengan menggunakan transformasi Fourier, data hasil pengukuran tersebut oleh dan hasil transformasi diperoleh dalam domain frekuensi.

Berikut adalah beberapa penelitian tentang pengujian FRF yaitu melakukan uji fungsi respons frekuensi di powertrain pada mesin silinder menggunakan dua metode gaya eksitasi: *Impact Hammer* dan *Exciter*. FRF adalah dasar pengukuran untuk mengetahui karakteristik dinamis yang ada dalam struktur mekanik [2]. Susanto [3] melakukan pengujian FRF untuk mengetahui karakter dinamis dalam suatu struktur mekanis dalam mengidentifikasi kerusakan pada *tapered bearing* di sumbu X, Y dan Z dengan getaran *harmonic* yang berasal dari ponsel [3] dan untuk mengetahui frekuensi pribadi dan lokal pada *disc brake* sigra menggunakan metode *bump test* [4]. Sedangkan penerapan *bump test* untuk mengidentifikasi kerusakan pada rem cakram sigra dilakukan oleh Subekti, S., dkk [5]. Menggunakan metode *bump test*, Primentel-Junior et al. terdeteksi retak pada poros. [6]. Ghatwai [7] melakukan penelitian untuk mengetahui nilai *eigen* dengan menggunakan FRF yang kemudian dilakukan perbandingan dengan hasil dari CEA untuk menverifikasikan mode frekuensinya.

Parameter modal eksperimental (frekuensi, atenuasi, dan mode bentuk) dapat diperoleh dengan mengukur FRF [8]. Pengujian dengan menggunakan pengukuran FRF untuk menghasilkan parameter modal eksperimen (frekuensi, redaman, dan mode *shape*) yang dilakukan subekti untuk melakukan penelitian menggunakan metode FRF untuk mengetahui karakter

dinamis pada mesin diesel satu silinder, dan didapatkan mode getaran global dan lokal [9]. Pengukuran FRF juga digunakan untuk mendeteksi retakan yang terjadi dalam balok [10] dan untuk mendeteksi kerusakan struktur pada kendaraan [11]. Metode FRF juga dapat diterapkan untuk mempelajari kerusakan pada *Endmill* berdasarkan respon getaran [12]. Biantoro dkk [13] juga memanfaatkan metode FRF untuk mengkaji penyelidikan dari *feed Endmill* pada mesin *router CNC* berdasarkan respon getaran. *Endmill* yang rusak frekuensi jauh lebih tinggi daripada *Endmill* normal karena hasil akhir yang rusak dalam pakan yang tidak sempurna.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan objek penelitian terdahulu yaitu *tapered roller bearing* pada *turbin propeller 5 blade* dengan *winglet* [14], dimana dilakukan perancangan *turbin propeller 5 blade* dengan penambahan *winglet* pada ujung *blade* yang kemudian dilakukan perbandingan hasil simulasi dengan menggunakan CFD dan hasil uji coba menggunakan *Wind Tunnel*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik getaran pada *tapered roller bearing* tersebut dengan menggunakan metode *bump test*. Besarnya getaran yang terjadi diukur menggunakan *Vibration Analyzer*. Hasil dari *Vibration Analyzer* melalui pengukuran FRF dengan metode *bump test* didapatkan karakteristik getaran pada *tapered roller bearing*.

II. METODE PENELITIAN

A. Tinjauan Pustaka

Pada suatu sistem getaran satu derajat kebebasan dengan redaman yang dieksitasi dengan gaya $F(t)$, seperti yang telah ditunjukkan oleh Subekti dkk [9] dan Effendi, B. D., dkk [4], memiliki persamaan gerak sebagai:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F(t) \tag{1}$$

Sehingga persamaan (1) akan menjadi persamaan magnitude dan sudut fase sebagai berikut:

$$|H(\omega)| = \frac{1}{(k-m\omega^2)+i(c\omega)} \tag{2}$$

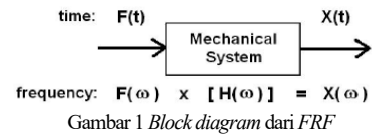
$$= \frac{1}{k \left[\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right)^2 + \left(2\zeta\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right)^2 \right]} \tag{3}$$

Sedangkan sudut fase adalah:

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{c\omega}{k-m\omega^2} \right) \tag{4}$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{2\zeta\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} \right) \tag{5}$$

FRF merupakan fungsi transfer, yang dinyatakan dalam domain frekuensi, seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2). FRF merupakan suatu fungsi kompleks dimana terdapat komponen nyata dan imajiner. Mereka mungkin juga diwakili dalam hal besarnya dan fase. Fungsi respons frekuensi dapat dibentuk dari data yang diukur atau fungsi analitis. Fungsi respons frekuensi mengekspresikan respons struktural terhadap gaya yang diterapkan sebagai fungsi frekuensi. Respons dapat diberikan dalam hal perpindahan, kecepatan, atau percepatan. Hubungan dalam Gambar 1 dapat diwakili oleh persamaan berikut.

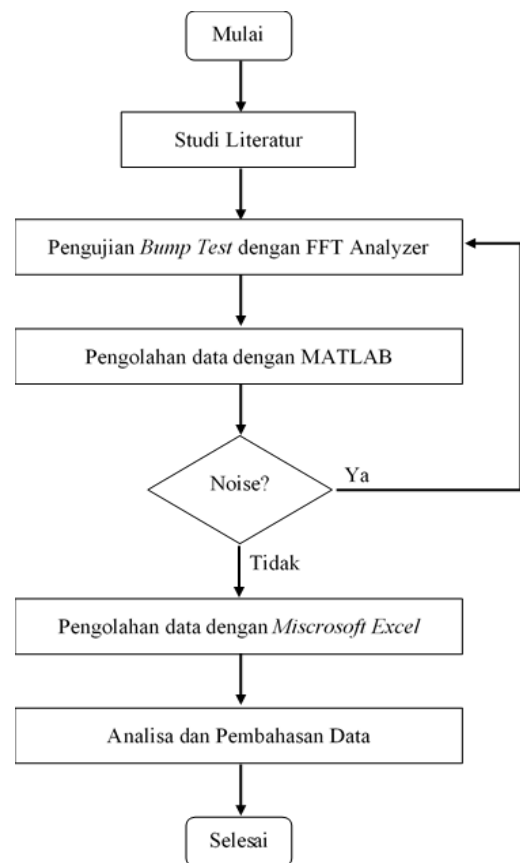


Gambar 1 Block diagram dari FRF

Dimana $F(\omega)$ adalah gaya input sebagai fungsi dari frekuensi sudut ω . $H(\omega)$ adalah fungsi transfer. $X(\omega)$ adalah fungsi respons perpindahan. Setiap fungsi adalah fungsi kompleks, yang juga dapat direpresentasikan dalam hal besaran dan fase. Setiap fungsi adalah dengan demikian fungsi spektral. Ada banyak jenis fungsi spektral. Untuk kesederhanaan, pertimbangkan masing-masing transformasi Fourier.

B. Alur Proses

Diagram alur menjelaskan mengenai tahapan-tahapan metodologi dari penelitian, tahapan proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Alur dan metodologi penelitian

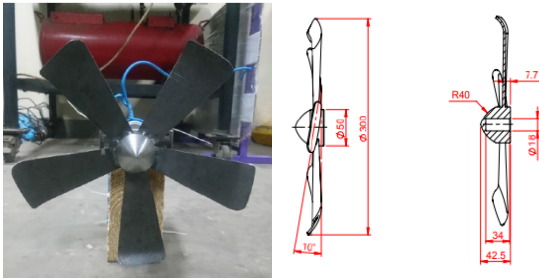
Alur penelitian dimulai dari; mengkaji literatur pada penelitian sebelumnya, pengujian *Bump Test* dengan *FFT Analyzer*, pengolahan data menggunakan *MATLAB* dan *Miscrosoft Excel*, Analisa dan Pembahasan Data, dan Kesimpulan.

Spesifikasi *Tapered roller bearing* yang dipakai pada *turbine propeller* Gambar 4.

NTN 4T 32203R

Type Bearing: *Tapered Roller Bearing*

- Diameter luar: 40 mm
- Diameter dalam: 17 mm
- Ketebalan 17,25 mm



Gambar 3 Turbine propeller



Gambar 6 Set up pengujian pengukuran FRF

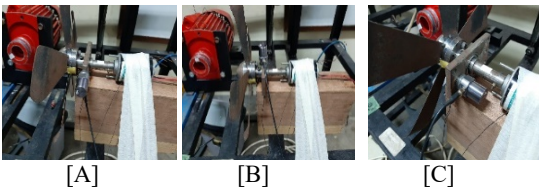
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 7, 8, dan 9 yang menunjukkan grafik hasil pengukuran FRF. Pada gambar tersebut merupakan hasil pengukuran pada posisi pengukuran sumbu X, Y, dan Z pengujian menggunakan metode *bump test* dengan *tapered roller bearing* pada kondisi sebelum dan sesudah pelumasan (oli & grease), dimana frekuensi yang digunakan adalah 20 kHz dan jumlah sampel 4096. Amplitudo tertinggi pada masing – masing posisi pengukuran adalah pada saat kondisi sesudah pelumasan (oli).



Gambar 4 Bearing NTN 4T 32203R

Pengujian getaran *Tapered Roller Bearing* dilakukan pada saat sebelum dan sesudah pelumasan (oli & grease) menggunakan pengukuran FRF. Gaya eksitasi berasal dari pukulan palu yang diberikan pada tiga posisi pengukuran yaitu sumbu X, Y dan Z. Posisi pengukuran pada pengujian sebelum dan sesudah pelumasan (oli & grease) ditunjukkan pada gambar 5.



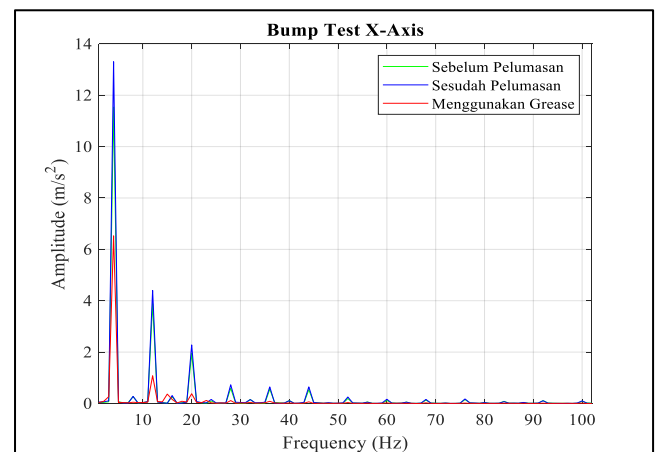
Gambar 5 Posisi pengukuran FRF
[A] sumbu X, [B] sumbu Y, [C] sumbu Z

Pada penelitian ini rentang pengukuran FRF yang berlaku adalah 0 – 20 kHz. Pengukuran rentang frekuensi bertujuan agar pada pengujian dalam keadaan diam, didapatkan grafik hasil pengukuran dengan *vibration analyzer* yang kemudian diolah ke dalam *software* Matlab. Pengaturan pengujian agar didapatkan data eksperimen ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil dari pengujian akan akan dianalisa menggunakan *software* MATLAB yang kemudian diolah kembali menggunakan Microsoft Excel untuk mengetahui frekuensi pribadi pada masing – masing posisi pengukuran.

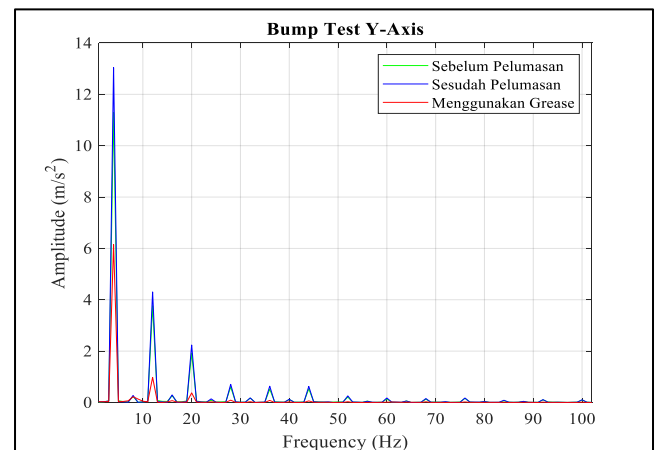
Alat dan bahan untuk pengujian yaitu sebagai berikut:

- *Sensor accelerometer* yang berfungsi untuk mengukur respon dari getaran
- *Type: Piezoelectric accelerometer* buatan Rion japan corporation tipe CCLD Type.
- Kabel *accelerometer*: 1,5m
- FFT *portable type analyzer* CF-3600A (4-ch) dengan layar sentuh yang memanfaatkan simulasi analisa dan perekam data. Maksimal frekuensi yang bisa dianalisa adalah 40kHz. Produk dari ono sokki japan
- *Sofeware* matlab 2019

Set up untuk mendapatkan data eksperimen ditunjukkan pada gambar 6.

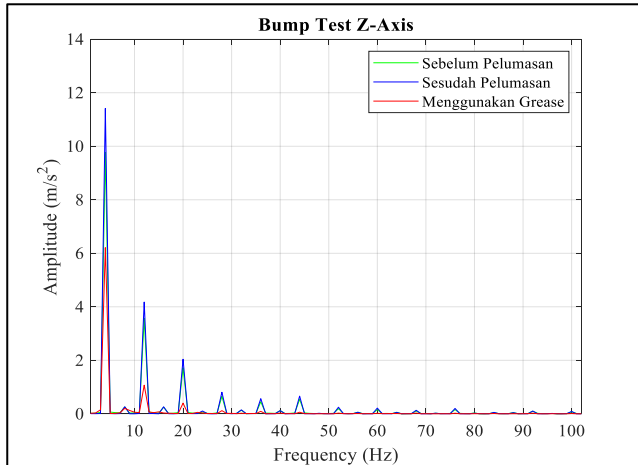


Gambar 7 Grafik hasil pengukuran FRF posisi sumbu X



Gambar 8 Grafik hasil pengukuran FRF posisi sumbu Y

Frekuensi pribadi yang diperoleh dari hasil pengukuran masing – masing posisi pengukuran FRF ditunjukkan pada tabel 1, 2 dan 3. Frekuensi pribadi yang diperoleh dari hasil pengukuran FRF saat pengujian dengan metode *bump test* sebelum dan sesudah pelumasan (oli & grease) menggunakan *tapered roller bearing* ditunjukkan pada tabel 1. Berdasarkan tabel 1, didapatkan bahwa adanya frekuensi pribadi yang muncul lebih dari satu posisi pengukuran Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi pribadi tersebut muncul karena adanya modus getar global, besarnya modus getar global muncul pada frekuensi pribadi 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 52, 60, 68, 76, 84, 92 dan 100 Hz.



Gambar 9. Grafik hasil pengukuran FRF posisi sumbu Z

TABEL I

FREKUENSI PRIBADI SAAT PENGUJIAN DENGAN METODE BUMP TEST SEBELUM PELUMASAN

Frekuensi Pribadi ke-	Tanpa Bearing (Hz)		
	X	Y	Z
1	4	4	4
2	8	8	8
3	12	12	12
4	16	16	16
5	20	20	20
6	24	24	24
7	28	28	28
8	32	32	32
9	36	36	36
10	40	40	40
11	44	44	44
12	52	52	52
13	56	-	-
14	60	60	60
15	68	68	68
16	76	76	76
17	84	84	-
18	92	92	92
19	-	100	100
20	-	-	-

Frekuensi pribadi yang diperoleh dari hasil pengukuran FRF saat pengujian dengan metode *bump test* sesudah pelumasan (oli) ditunjukkan pada tabel 2. Berdasarkan tabel 2, didapatkan bahwa besarnya modulus getar global muncul pada frekuensi pribadi 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 52, 56, 60, 68, 76, 84, 92 dan 100 Hz.

Frekuensi pribadi yang diperoleh dari hasil pengukuran FRF saat pengujian dengan metode *bump test* sesudah pelumasan (*grease*) ditunjukkan pada tabel 3. Berdasarkan tabel 3, didapatkan bahwa besarnya modulus getar global muncul pada frekuensi pribadi 4, 8, 12, 15, 16, 20, 23, 28, 32, 36, 40, 44, dan 52 Hz.

Frekuensi pribadi yang selalu muncul pada setiap posisi pengukuran baik saat pengujian sebelum dan sesudah pelumasan (oli & *grease*) adalah 4, 12, 20, 28, 36, 44, dan 52 Hz.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik getaran pada *Tapered Roller Bearing* sebelum dan sesudah pelumasan (oli & *grease*) dengan menggunakan FRF, didapatkan bahwa amplitudo tertinggi pada masing – masing posisi pengukuran adalah pengujian sesudah pelumasan (oli).

TABEL II

FREKUENSI PRIBADI SAAT PENGUJIAN DENGAN METODE BUMP TEST SESUDAH PELUMASAN (OLI)

Frekuensi Pribadi ke-	Tanpa Bearing (Hz)		
	X	Y	Z
1	4	4	4
2	8	8	8
3	12	12	12
4	16	16	16
5	20	20	20
6	24	24	24
7	28	28	28
8	32	32	32
9	36	36	36
10	40	40	40
11	44	44	44
12	52	52	52
14	-	56	56
15	60	60	60
16	-	64	-
17	68	68	68
18	76	76	76
19	84	84	-
20	-	88	-
21	92	92	92
22	100	100	100
23	-	-	-

TABEL III

FREKUENSI PRIBADI SAAT PENGUJIAN DENGAN METODE BUMP TEST SESUDAH PELUMASAN (GREASE)

Frekuensi Pribadi ke-	Tanpa Bearing (Hz)		
	X	Y	Z
1	4	4	4
2	-	8	8
3	12	12	12
4	15	-	15
5	-	16	-
6	20	20	20
7	23	-	23
8	-	24	-
9	28	28	28
10	32	32	-
11	36	36	36
12	-	40	40
13	44	44	44
14	52	52	52
15	-	-	-

Frekuensi pribadi muncul lebih dari satu posisi pengukuran menunjukkan adanya modulus getar global. Frekuensi pribadi yang selalu muncul pada setiap posisi pengukuran sebelum dan sesudah pelumasan (oli & *grease*) adalah 4, 12, 20, 28, 36, 44, dan 52 Hz. Frekuensi lokal muncul pada 56 Hz pada sumbu X hasil pengukuran sebelum pelumasan, 64 dan 88 Hz pada sumbu Y hasil pengukuran sesudah pelumasan (oli), dan 16 dan 24 Hz pada sumbu Y hasil pengukuran sesudah pelumasan (*grease*). Jumlah frekuensi pribadi yang paling banyak muncul baik pada saat pengujian sebelum dan sesudah pelumasan (oli & *grease*) yaitu pada posisi pengukuran sumbu Y, dan yang paling sedikit muncul yaitu pada posisi pengukuran sumbu X.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terimakasih kepada Lab Universitas Mercubuana yang telah memberikan fasilitas penelitian serta dosen yang telah membimbing, dan mahasiswa yang ikut membantu terhadap karya ilmiah ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kapler, J., Letal, J., Sasic, M., and Stone, G.C., 2014, Recent end-winding vibration problems in air-cooled turbine generators. *CIGRE* 2014. 8 pages
- [2] Delprete, C., Galeazzi, A., and Pregno, F., 2010 Experimental Modal Analysis of an Automotive Powertrain. *Applied Mechanics and Materials*. 2425,71-76. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.24-25.71>
- [3] Susanto, A., Yusuf, S. Q., Hamid, A., Wahyudi, H., & Subekti, S., 2019. Implementation Of Frequency Response Function On Tapper Bearing Maintenance. *SINERGI*, 23 (2), 132. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2019.2.006>
- [4] Effendi, B. D., Subekti dan Hammid, A., 2019, *Karakteristik Dinamik Disc Brake Daihatsu Sigra 1200 cc dengan Metode Bump Test*.
- [5] Subekti, Abdul Hamid, Basuki Dwi Efendy, Agung Wahyudi Biantoro. 2019. Inspecting A Bump Test In The Maintenance Of A 1200-Cc Daihatsu Sigra Disc Brake, *Sinergi* Vol. 23, No. 3, October 2019: 191-198
- [6] Pimentel-Junior, G. L., Oliveira, F. B. and Faria, M. T. C., 2014, On the Bump Tests of Cracked Shafts Using Acoustic Emission Techniques, *Engineering*,08(09),572-581. [Online]. Available: <http://doi.org/10.4236/eng.2016.89053>
- [7] Ghatwai, A. B., Chaitanya, P. S. V, & Phadke, S. B., 2016, *Frequency Response Function Measurements of Disc and Drum Brake With its Verification by CAE*. 2223–2228.
- [8] Bilošová, A. 2011, *Modal Testing. Investment in Education Development*. Ostrava, Czech.
- [9] Subekti, 2018, Studying The Dynamic Characteristics To Lengthen The Operating Life For A Diesel Engine Using Frequency Response Function (FRF) Measurement. *SINERGI*, 22 (3), 161. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2018.3.004>.
- [10] Lin, R.M., 2016, Modeling, Detection, and Identification of Flexural Crack Damage in Beam Using Frequency Response Function. *Meccanica*. 51(9),2027-2044. <http://dx.doi.org/10.1007/s11012-015-0350-6>.
- [11] Homaei, F., Shojaee, S., and Ghodrati, A.G., 2015, “Multiple Structural Damage Detection Using Measured Frequency Response Function”, *Iranian Journal of Structural Engineering*, 2(1), 13-18p.
- [12] A. Susanto, C. H. Liu, K. Yamada, Y. R. Hwang, R. Tanaka, and K. Sekiya, 2018, “Milling process monitoring based on vibration analysis using Hilbert-Huang transform,” *International Journal of Automation Technology*, vol. 12, no. 5, pp. 688–698, September. DOI: 10.20965/ijat.2018. p0688
- [13] Biantoro, A. W., Maryanto, H., Hidayanto, A. K., & Hamid, A, 2020, “The Investigation Of End Mill Feeds On Cnc Router Machine Using Vibration Method” *Sinergi* Vol.24, No.2, June 2020: : 117-124.
- [14] Widodo, Aditya Putra. 2019, “Analisis Performance Turbine Propeller Menggunakan Metode CFD (Computational Fluid Dynamic).” Skripsi. Teknik. Teknik Mesin. Universitas Mercu Buana, Jakarta.