

**Subekti**

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Mercubuana  
Jurusan Teknik Mesin  
subekti@mercubuana.ac.id

**Muhammad Nurul Hidayat**

Mahasiswa  
Universitas Mercubuana  
Jurusan Teknik Mesin  
Staf. PT Astra Daihatsu Motor, Technical Service Division, Tanjung Priok, Jakarta Utara, 14330, Indonesia  
muhammadnh48@gmail.com

**Abdul Hamid**

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Mercubuana  
Jurusan Teknik Mesin  
abdul.hamid@mercubuana.ac.id

**Basuki Dwi Efendi**

Staf. PT Astra Daihatsu Motor, Technical Service Division, Tanjung Priok, Jakarta Utara, 14330, Indonesia  
Dwi.fnd1922@gmail.com

**Jeffri Silaen**

Mahasiswa  
Universitas Mercubuana  
Jurusan Teknik Mesin  
jeffri\_s91@yahoo.com

**Aditya Putra Widodo**

Mahasiswa  
Universitas Mercubuana  
Jurusan Teknik Mesin  
adityaputrawidodo@yahoo.co.id

## IDENTIFIKASI KERUSAKAN AL-TENATOR DAIHATSU LUXIO DENGAN METODA FUNGSI RESPON FREKUENSI

*Gasoline engines should sound soft, even tend to be minimal. But when the symptom of a rough sound emerged from the engine room, it was even more like a diesel sound that was quite loud. So that many customers have complained about the rough sound of their vehicle's engine when the engine is started, from the results of the initial inspection that was carried out as a result of the rough noise coming from the bearings on the alternator which experienced wear due to reduced lubrication in the bearings. This requires that preventive maintenance checks on the alternator are a must in the automotive world. On the basis of the above, in this paper, we will discuss the damage to the Daihatsu Luxio alternator with the frequency response function (FRF) method. Damage to the alternator can be seen at point A and point D, seen with a frequency at 1500 Hz in a damaged condition, while in good condition there is no frequency at 1500 Hz. At points B, C, E, and F have the same vibration pattern between the damaged and undamaged conditions. Visually checking results show that the bearing component at point A, it is known that the ball bearing is peeling. This results in a rough spinning of the bearing and makes the alternator make a rough noise while working.*

**Keywords:** Rough Voice; Alternator; Preventive Maintenance; Frequency Response Function; Vibration Pattern

### 1. PENDAHULUAN

Mesin berbahan bakar bensin seharusnya bersuara lembut, bahkan cenderung minim suara. Namun saat gejala suara kasar muncul dari ruang mesin, bahkan lebih ekstrim mirip suara diesel yang cukup keras. Hal ini disebabkan oleh adanya komponen seperti water pump, bantalan pada sistem pendingin dan alternator, yang menimbulkan bunyi kasar sangat besar [1]. Umumnya kebisingan alternator merupakan kombinasi dari sumber mekanis, aerodinamis, dan elektromagnetik. Ketika alternator dibebani dengan beban listrik (seperti head lamp, tail lamp, wiper dan HVAC) level suara semakin meningkat [2]. Kerusakan Alternator disebabkan oleh adanya kerusakan bantalan yang diakibatkan adanya *unbalance* poros pada alternator. Deteksi kerusakan bantalan gelinding bagian lintasan luar, lintasan dalam, elemen gelinding, atau juga kerusakan kombinasi diukur dengan menggunakan sinyal getaran, yang dihasilkan merupakan sinyal modulasi, selanjutnya dilakukan metoda Analisis envelope [3]. Selain itu, pengukuran kerusakan elemen-elemen pada bantalan gelinding dapat dilakukan dengan mengukur getaran yang ditimbulkan berupa sinyal frekuensi ketika bantalan tersebut berputar [4]. Kerusakan yang terjadi pada bearing tersebut termasuk dalam jenis kerusakan unbalance karena memiliki amplitudo tinggi pada 1xRPM sehingga bearing pada condensate pump tersebut perlu dilakukannya penggantian [5]. Metode berbasis *Principal Component Analysis* (PCA) pada pompa sentrifugal memberikan kemudahan bagi operator dalam melakukan monitoring kondisi pompa [6].

Alternator (*dynamo ampere*) adalah peranti yang berfungsi sebagai generator yang menghasilkan arus listrik *alternating current* (AC) dan sekaligus mengubahnya menjadi arus *direct current* (DC). Komponen ini juga menjadi pembangkit energi listrik yang diisikan ke accu/ aki, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem pengisian mempunyai 3 komponen penting yakni *Accumulator*, Alternator dan *Regulator*. Alternator ini berfungsi bersama-sama dengan *Accumulator* untuk menghasilkan listrik ketika mesin dihidupkan. Hasil

yang dihasilkan oleh alternator adalah tegangan AC yang kemudian dikonversi/diubah menjadi tegangan DC. Sebagai pembangkit tegangan listrik ia memanfaatkan putaran dari mesin, karena itu alternator membutuhkan belt atau sabuk. *Belt* tersebut berfungsi untuk menyalurkan gerak rotasi dari mesin mobil untuk memutar alternator, putaran tersebut dimanfaatkan alternator untuk menghasilkan energi listrik. Dalam pengoperasiannya, komponen di dalam alternator berputar secara rotasi dengan putaran tertentu. Pada saat komponen bergerak, ada gaya inersia dan gaya yang berasal dari proses transmisi daya. Gaya-gaya tersebut akan menyebabkan struktur komponen pada alternator bergetar.

Mesin berbahan bakar bensin seharusnya bersuara lembut dan minim suara, namun terkadang muncul suara kasar pada mesin. Suara kasar pada mesin muncul karena terjadi masalah pada beberapa komponen seperti *water pump*, *bearing A/C*, dan *bearing* alternator. Pada alternator yang didesain dengan baik, getaran yang ditimbulkan lebih rendah, akan tetapi apabila jangka waktu pemakaian yang lama akan menyebabkan amplitudo getaran tersebut menjadi besar, hal ini akan mempengaruhi terhadap kondisi komponen di dalamnya. Sinyal getaran yang ditimbulkan akan memiliki spektrum frekuensi dan ciri getaran tertentu. Efek getaran yang muncul pada komponen alternator sangat besar pengaruhnya, yang pada akhirnya akan menimbulkan bunyi kasar muncul [7], [8], [9], [10].



**Gambar 1:** Alternator Daihatsu Luxio.

Tanda tanda kerusakan yang sering terjadi yang diakibatkan oleh kerusakan Alternator adalah bau terbakar, timbul suara decitan, redupnya lampu sorot, lampu indikator menyala, tidak berfungsinya baterai/aki, dan kelebihan pasokan listrik. Tanda tanda tersebut akan menyebabkan kendaraan berhenti ditengah perjalanan karena pasokan listrik sangat kurang. Hal ini perlu dilakukan pemeriksaan preventive maintenance pada alternator menjadi sebuah keharusan di dunia otomotif.

Kendaraan minibus yang banyak digunakan oleh masyarakat dewasa ini, adalah Daihatsu Luxio dimana penjualannya dapat mencapai 250 sampai 300 unit perbulan. Atas dasar tersebut di atas maka pada makalah ini, kami akan membahas mengenai identifikasi kerusakan pada alternator Daihatsu Luxio dengan metoda fungsi response frekuensi (FRF) untuk memprediksi kerusakan pada Alternator kendaraan Daihatsu Luxio. Metoda FRF yang dilakukan adalah dengan menggunakan bump test sebagai gaya eksitasi yang diberikan, respon yang terjadi diukur dengan menggunakan *Vibration Analyzer* model VA12 produksi dari Rion - Japan. Selanjutnya hasil data pengukuran tersebut dianalisis dengan menggunakan software Matlab.

Penelitian mengenai pengujian getaran dengan menggunakan metoda *Bump test* telah banyak dilakukan, seperti pemeriksaan pada bagian *end-wall engine* baru mengalami kerusakan atau tidak. Pengujian *powertrain* pada sebuah silinder menggunakan metoda FRF yang berasal dari dua gaya eksitasi, yaitu *Impact Hammer* dan *Exciter* [11]. Identifikasi kerusakan pada *tapper bearing* dilakukan dengan pengujian FRF, gaya eksitasi menggunakan sinyal harmonic yang berasal dari *handphone* [12]. Selain itu, dalam mendeteksi kerusakan yang disebabkan terjadinya keretakan pada roda gigi dapat digunakan metode FRF [13]. Metoda FRF menunjukkan dibawah frekuensi resonansi pertama mencerminkan kekakuan bantalan, dengan metoda ini dapat mengekstraksi koefisien kekakuan dari bantalan yang sejajar dan radial [14]. Menurut Daniel (2017) *tepered bearing* memberikan *amplitude* getaran yang lebih tinggi dibanding *ball bearing* [15]. Pengujian getaran di Lab. Getaran Universitas Mercubuana telah banyak dilakukan baik pada sistem kontruksi maupun kendaraan. Pengujian FRF untuk mengetahui karakteristik dinamik pada mesin diesel satu silinder [16] dan *disc brake sigra* [17] sehingga diperoleh modus getar *global* dan lokal. Selain itu, metoda *bump test* dapat dilakukan untuk mengetahui kerusakan pada *disc brake sigra* [18]. Metoda getaran dilakukan pada proses produksi untuk memprediksi kerusakan *end mill* pada

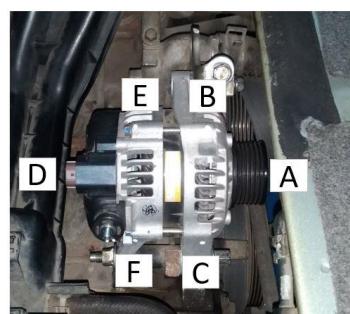
mesin CNC [19]. Pada peralatan industri dilakukan analisis kerusakan pada *screw compressor* dengan menggunakan pengujian getaran memperlihatkan adanya kerusakan pada poros *screw* akibat *unbalance* [20]. Sedangkan pada elektornik dilakukan dengan melakukan pengujian pada actuator kendaraan untuk memprediksi kerusakan dengan pengujian getaran dengan metoda *Hilbert transform* [21]. Metoda FRF telah banyak dilakukan untuk memprediksi sebuah struktur, seperti mendeteksi kerusakan [22], keretakan [23] dan karakteristik dinamis pada struktur [24], [25]. Pada sistem kendali menunjukkan bahwa FRF berkualitas tinggi yang tidak bias, memfasilitasi pemodelan parametrik atau desain pengontrol langsung untuk kontrol gerak tingkat lanjut [26]. Selain itu fungsi respon frekuensi (FRF) dapat menjelaskan mengenai osilosasi osilator teredam dengan kontak gesekan geser (Coulomb) baik secara simulasi maupun eksperiment melalui pengukuran getaran [27]. Fatigue vibration dapat diketahui dengan menggunakan FRF pada sebuah struktur [28].

## 2. METODE DAN BAHAN

Untuk mengetahui karakteristik dinamik pada alternator dilakukan dengan pengukuran fungsi respon frekuensi (FRF). Gaya eksitasi berasal dari *bump test*, selanjutnya besarnya respon yang terjadi diukur dengan menggunakan vibration analyzer dengan terlebih dahulu meletakan sensor accelerometer pada titik yang diinginkan di alternator. Gaya eksitasi diberikan diperlukan *bracket body* alternator dalam arah vertikal seperti ditunjukkan pada Gambar 2 (a), sedangkan respon getaran yang diukur dilakukan pada enam titik yaitu titik A (bagian tengah pulley sejajar dengan poros), titik B (bagian atas body depan alternator), C (bagian samping body depan alternator), D (bagian belakang body sejajar dengan poros), E (bagian atas body belakang alternator) dan F (bagian samping body belakang alternator), seperti tampak pada Gambar 2 (b).



(a) Posisi dilakukan Bump Test



(b) Posisi penempatan Sensor Accelerometer

**Gambar 2:** Posisi bump test dan penempatan Sensor.

Rentang frekuensi yang digunakan pada penelitian ini adalah 1 – 1000 Hz, dimana prosedur pengambilan dan pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 3. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran selanjutnya dianalisis dengan menggunakan Matlab. Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data pengukuran FRF adalah sebagai berikut:

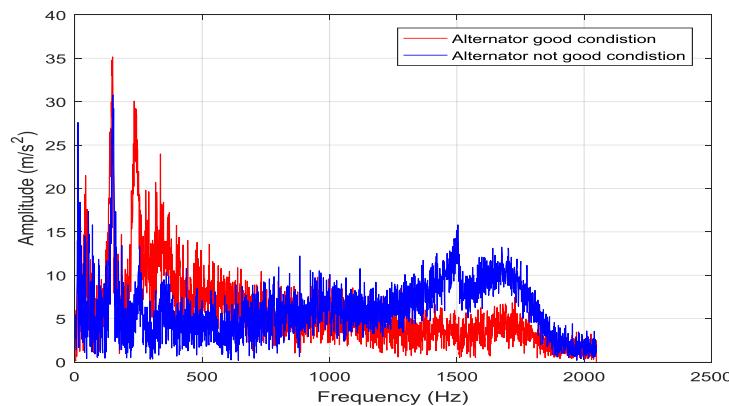
- Accelerometer, yang digunakan adalah accelerometer piezoelektrik buatan Rion Japan Corporation tipe CCLD type, PV-571. Accelerometer berfungsi untuk mengukur response getaran.
- Frequency span 100 Hz dengan analysis line 1600 menggunakan window fungsi linear.
- Actual Sensitivity Num 510 dan actual sensitivity magnify x0.01.



**Gambar 3:** Set-up Pengujian Fungsi Response Frekuensi.

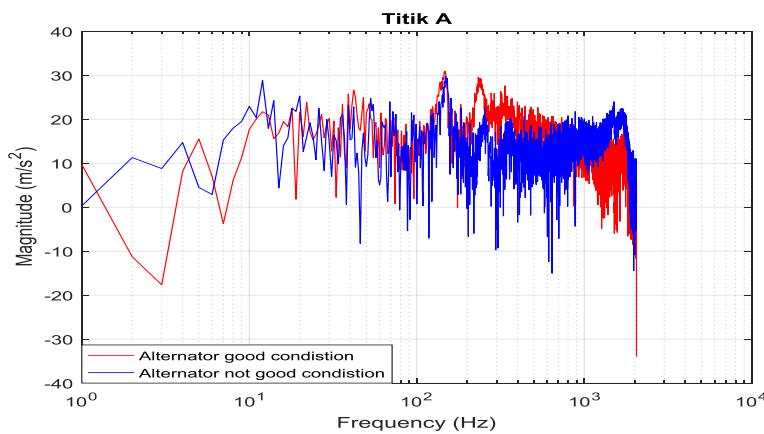
### 3. HASIL DAN DISKUSI

Pada penelitian ini merupakan hasil pengukuran FRF pada titik A, B, C, D, E dan F dengan rentang frekuensi yang digunakan 1 – 2000 Hz. Analisis kerusakan pada Altenator dilakukan dengan membandingkan frekuensi yang akan ditampilkan dalam bentuk FFT dan log-plot, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Pada Gambar 4 diperlihatkan hasil FRF pada titik A dimana pada alternator dalam keadaan tidak rusak terjadi penurunan frekuensi setelah 500 Hz. Hal ini sangat berbeda dengan kondisi alternator dalam keadaan rusak dimana muncul frekuensi di 500 Hz.



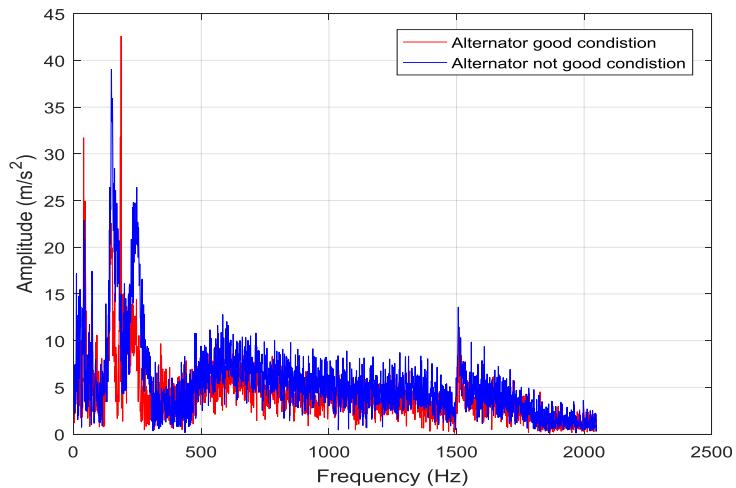
**Gambar 4:** Hasil Pengukuran FRF pada Titik A.

Pada titik A merupakan titik dimana poros mengalami gaya tarik akibat tegangan belt yang diberikan. Pada kondisi rusak, frekuensi awal muncul pada 15 Hz dengan amplitudo  $29 \text{ m/s}^2$ . Kemudian frekuensi yang muncul mirip dengan kondisi baik akan tetapi pada 1500 Hz muncul frekuensi baru dengan amplitudo sekitar  $25 \text{ m/s}^2$ , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



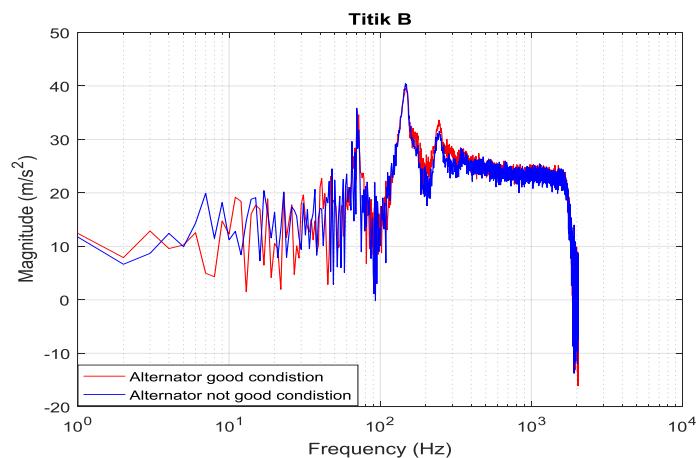
**Gambar 5:** Hasil log-plot FRF Pada Titik A.

Bagian atas body depan alternator atau titik B diperlihatkan pada kondisi rusak dan baik tidak ada perubahan frekuensi yang terjadi, dimana pola FFT yang dihasilkan mirip antara kondisi rusak dengan kondisi baik, seperti tampak pada Gambar 6.



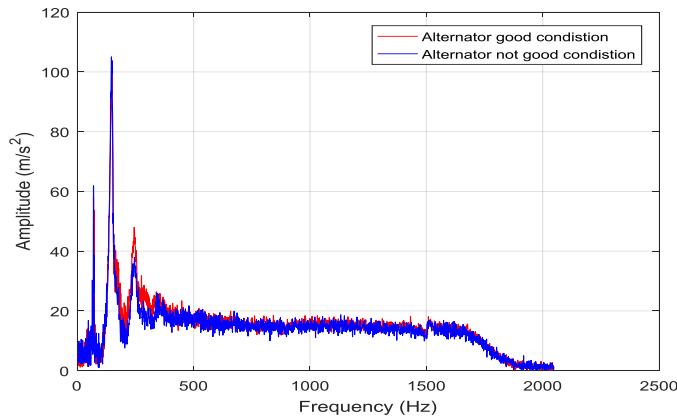
**Gambar 6:** Hasil Pengukuran FRF pada Titik B.

Pada Gambar 7 terlihat kemiripan pola getaran pada altenator dengan kondisi baik dan rusak setelah 12 Hz. Hal ini menunjukkan pada titik B yang merupakan point FRF, pada Bagian atas body depan alternator tidak mengalami kerusakan.



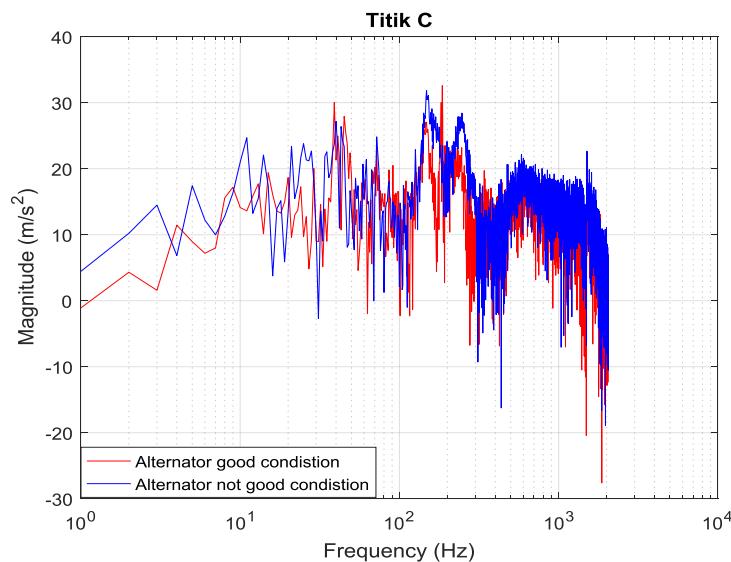
**Gambar 7:** Hasil log-plot FRF Pada Titik B.

Pada bagian samping body depan alternator atau titik C, diperlihatkan bahwa pola getaran yang terjadi mirip dengan bagian atas body depan alternator atau titik B, akan tetapi memiliki amplitudo yang lebih tinggi dibandingkan dengan titik B. pola getaran yang terjadi antara alternator dengan kondisi baik dan rusak, memiliki pola getaran yang sama, seperti tampak pada Gambar 8.



**Gambar 8:** Hasil Pengukuran FRF pada Titik C.

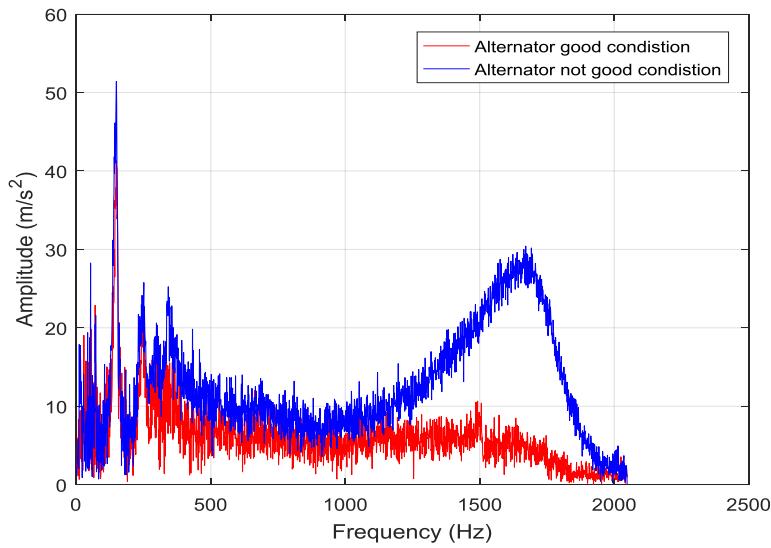
Gambar 9 menunjukkan hasil log-plot pada titik C, pada kondisi kondisi rusak diperlihatkan frekuensi yang muncul lebih banyak dibandingan dengan kondisi baik. Hal ini bisa terlihat pada frekuensi 10 Hz pada kondisi rusak muncul amplitude sebesar  $20 \text{ m/s}^2$ , sedangkan pada kondisi baik dengan frekuensi 10 Hz mengalami penurunan amplitude.



**Gambar 9:** Hasil log-plot FRF Pada Titik C.

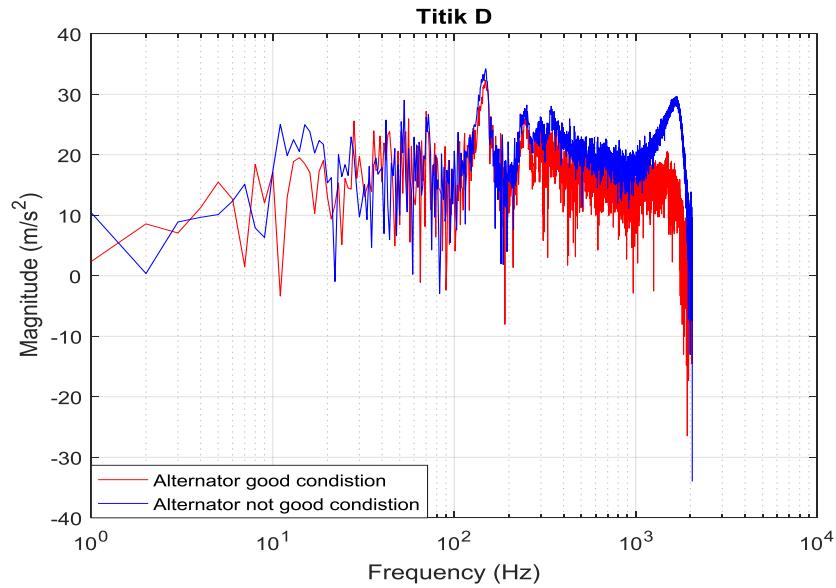
Pada Gambar 10 diperlihatkan hasil FRF pada bagian belakang body sejajar dengan poros atau titik D dimana pada alternator dalam keadaan tidak rusak terjadi penurunan frekuensi setelah 1500 Hz. Hal ini sangat berbeda dengan kondisi alternator dalam keadaan rusak dimana muncul frekuensi baru pada 1500 Hz.

Hasil log-plot pada bagian belakang body sejajar dengan poros atau titik D, pada kondisi kondisi rusak diperlihatkan pada frekuensi 10 Hz muncul amplitude sebesar  $25 \text{ m/s}^2$ , sedangkan pada kondisi baik tidak muncul adanya frekuensi. pada kondisi rusak muncul frekuensi baru pada 1500 Hz, sedangkan pada kondisi bagus tidak muncul frekuensi baru, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



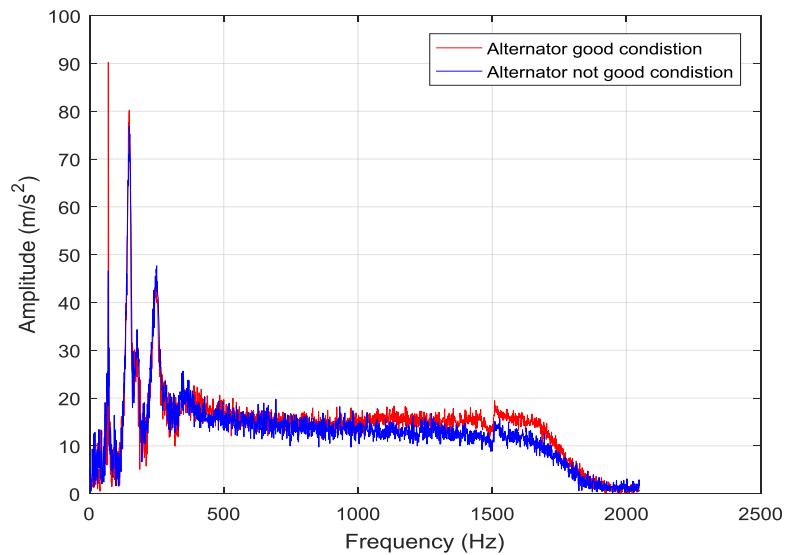
**Gambar 10:** Hasil Pengukuran FRF pada Titik D.

Bagian atas body belakang alternator atau titik E diperlihatkan pada kondisi rusak dan baik tidak ada perubahan frekuensi yang terjadi, dimana pola FFT yang dihasilkan mirip antara kondisi rusak dengan kondisi baik, seperti tampak pada Gambar 12.



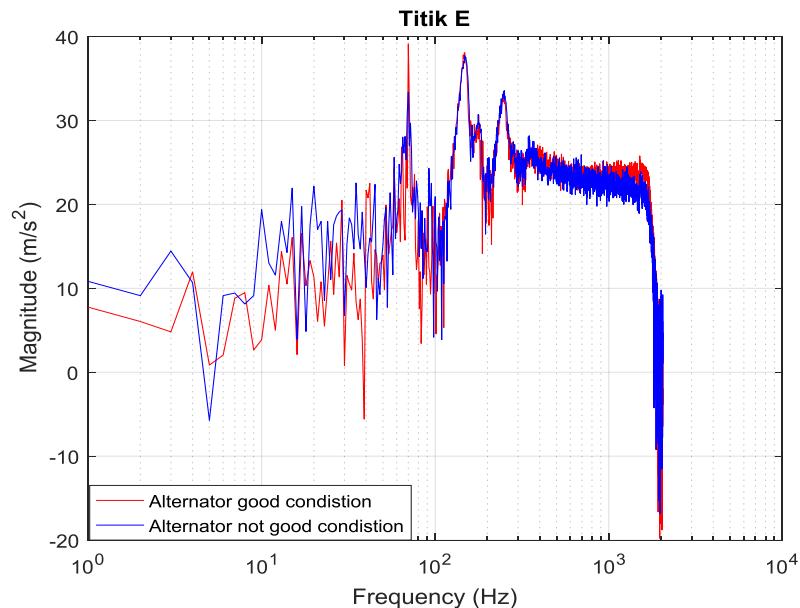
**Gambar 11:** Hasil log-plot FRF Pada Titik D.

Gambar 12 menunjukkan hasil log-plot pada Bagian atas body belakang alternator, pada kondisi kondisi rusak diperlihatkan frekuensi yang muncul lebih banyak dibandingan dengan kondisi baik. Hal ini bias terlihat pada frekuensi 10 Hz pada kondisi rusak muncul amplitude sebesar  $20 \text{ m/s}^2$ , sedangkan pada kondisi baik dengan frekuensi 10 Hz mengalami penurunan amplitude.



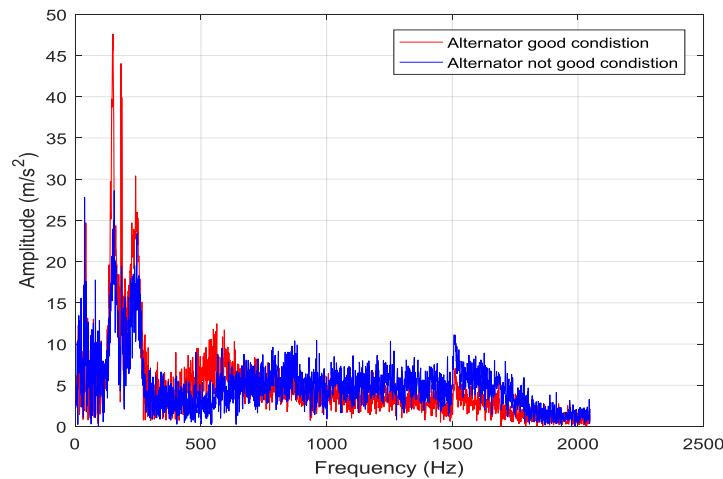
**Gambar 12:** Hasil Pengukuran FRF pada Titik E.

Pada kondisi rusak dan baik pola getaran FFT tidak ada perubahan frekuensi yang terjadi, akan tetapi terjadi perubahan amplitudo pada kondisi baik lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi rusak. Hal ini terjadi pada hasil pengukuran bagian samping body belakang alternator atau titik F, seperti tampak pada Gambar 14.



**Gambar 13:** Hasil log-plot FRF Pada Titik E.

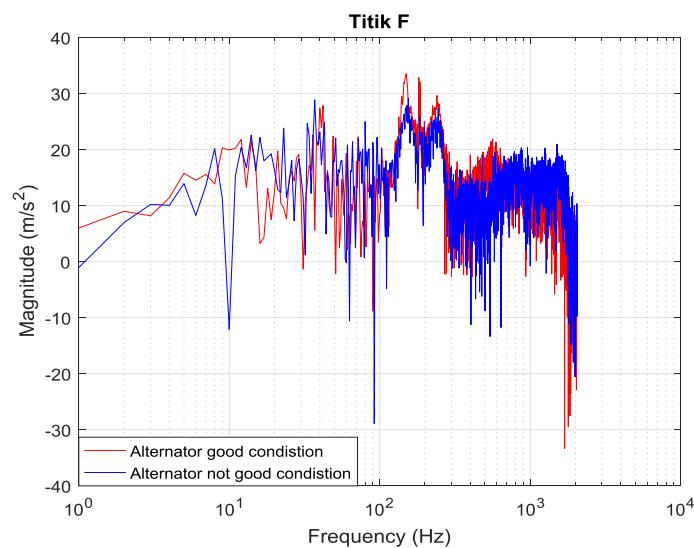
Hasil analisis log-plot pada bagian samping body belakang alternator atau titik F, terlihat dengan jelas perbedaan amplitudo yang terjadi pada frekuensi 120 Hz. pada kondisi kondisi rusak diperlihatkan frekuensi 120 Hz, amplitudo yang terjadi sebesar  $25 \text{ m/s}^2$ , sedangkan pada kondisi baik dengan frekuensi yang sama amplitudo tertinggi sekitar  $35 \text{ m/s}^2$ , tampak seperti Gambar 15.



**Gambar 14:** Hasil Pengukuran FRF pada Titik F.

Setelah dilakukan identifikasi dengan menggunakan FRF, terlihat bahwa terjadi perubahan frekuensi pada titik A dan titik D, selanjutnya dilakukan pembongkaran pada bagian titik A, terihat bahwa bearing mengalami kerusakan *flaking* pada ball bearing depan alternator seperti pada Gambar 16.

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan manual pada permukaan inner ring (Gambar 17(a)) dan permukaan outer ring (Gambar 17(b)) bearing, tidak terjadi kerusakan karena tidak ditemukan adanya scratch seperti tampak pada Gambar 17.



**Gambar 15 :**Hasil log-plot FRF Pada Titik F.



**Gambar 16:** Ball Bearing Depan Alternator Rusak.



**Gambar 17:** Permukaan Inner dan outer Ring Bearing Alternator pada titik A.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan awal dalam melakukan identifikasi kerusakan pada alternator Daihatsu Luxio, yaitu kerusakan pada alternator terlihat pada titik A dan titik D, terlihat dengan munculnya frekuensi pada 1500 Hz pada kondisi rusak sedangkan pada kondisi bagus tidak muncul frekuensi pada 1500 Hz. Pada titik B, C, E, dan F memiliki pola getaran yang sama antara kondisi yang rusak maupun tidak rusak. Hasil pengecekan secara visual terlihat bahwa komponen bearing pada titik A, diketahui bahwa ball bearing mengalami *flaking*. Hal ini mengakibatkan putaran bearing berputar kasar dan membuat alternator mengeluarkan bunyi kasar saat bekerja.

#### 5. PERNYATAAN TERIMA KASIH

Pada Terima kasih kami sampaikan ucapan kepada Bapak Kaprodi, dan kepala laboratorium getaran Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, serta Silfi, F., dan rekan-rekan Technical Service Division, terutama kepada Bapak Banurusman, Bapak Aji, Bapak Sudirman, Bapak Usman, Bapak Roslan dan semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan namanya satu persatu.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] APRILIANANDA, D., Kompas "Suara Mesin Bensin Mirip Diesel? Kenali Penyebabnya!" <https://otomotif.kompas.com/read/2015/04/22/134316815/Suara.Mesin.Bensin.Mirip.Diesel.Kenali.Penyebabnya>. Diakses: 27 Juli 2020
- [2] PRASANTH, B., WAGH, S., and HUDSON, D., "Alternator Whining Noise-A Sound Quality Concern in Passenger Car," *SAE Technical Paper* 2011-26-0018, 2011
- [3] MALADZI, R., PRAHASTO, T., Widodo, A., "Analisis Kerusakan Bantalan Gelinding Dengan Variasi Kecepatan Putar Berdasarkan Pola Getaran Menggunakan Metoda Envelope Analysis", *Jurnal Teknik Mesin Universitas Diponegoro*, v. 5, n. 1, pp. 32-41, Jan. 2017.
- [4] RIVAI, M., PRANANDITA, N., "Analisa Kerusakan Bantalan Bola (Ball Bearing) Berdasarkan Signal Getaran", *Manutech*, V. 10, N. 2, pp. 41-46, 2018.
- [5] ABIDIN, G.Z., SUJANA, I.W., "Deteksi Kerusakan Bearing Pada Condensate Pump Dengan Analisis

- Sinyal Vibrasi", *Jurnal Flywheel*, v. 8, n. 1, pp. 60-67, 2017.
- [6] KAMIEN, B.P., PRASTOMO, N., RIYANTA, B., "Ekstraksi Parameter Statistik Domain Waktu dan Domain Frekuensi untuk Mendeteksi Kavitas pada Pompa Sentrifugal Berbasis Principal Component Analysis (PCA)", *Rekayasa Mesin*, v. 10, n. 2, pp. 165-176, Aug. 2019.
- [7] Mengenal Pentingnya Alternator Mobil, Tips Sahabat Otomotif, <https://m.daihatsu.co.id/tips-and-event/tips-sahabat/detail-content/Mengenal-Pentingnya-Alternator-Mobil/>. Diakses: January 2021
- [8] Suara Mesin Bensin Mirip Diesel? Kenali Penyebabnya!, Kompas.com, <https://otomotif.kompas.com/read/2015/04/22/134316815/Suara.Mesin.Bensin.Mirip.Diesel.Kenali.Penyebabnya>. Diakses: January 2021
- [9] Alternator Vibration Analysis, Application Catalog, [https://www.jmag-international.com/catalog/251\\_alternator\\_vibration/](https://www.jmag-international.com/catalog/251_alternator_vibration/). Diakses: January 2021.
- [10] XU X, HAN Q, CHU F., "Review of Electromagnetic Vibration in Electrical Machines", *Energies*, v. 11, n. 7, 2018.
- [11] DELPRETE, C., GALEAZZI, A., PREGNO, F., "Experimental Modal Analysis of an Automotive Powertrain", *Applied Mechanics and Materials*. v. 24-25, pp. 71-76, June 2010.
- [12] SUSANTO, A., YUSUF, S.Q., HAMID, A., et al., "Implementation of Frequency Response Function on Tapper Bearing Maintenance", *Sinergi*, v. 23, n. 2, 2019.
- [13] MOHAMAD, O.D., RANTATALO, M., "Dynamic Response and Time-Frequency Analysis for Gear Tooth Crack Detection", *Mechanical System and Signal Processing*, v. 66-67, pp. 612–624, Jan. 2016.
- [14] SHEN, I. Y., and LADD, E. M., "Estimating bearing coefficients of fluid-dynamic spindle motors using sub-resonant frequency response," *2010 APMRC*, Singapore, 2010, pp. 1-2
- [15] DANIEL, R.V., SIDDHAPPA, S.A., GAJANAN, S.B., "Effect of bearing on vibration in rotating machinery", In: *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Material Alloys and Experimental Mechanics*, India, 2017.
- [16] SUBEKTI, "Studying the dynamic characteristics to lengthen the operating life for a diesel engine using frequency response function (FRF) measurement", *Sinergi*, v. 22, n. 3, 2018.
- [17] EFFENDI, B.D., SUBEKTI, HAMID, A. "Karakteristik dinamik disc brake daihatsu sigra 1200 cc dengan metode bump test", *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, v. 5, n. 1, pp. 14–19, April 2019.
- [18] SUBEKTI, HAMID, A., EFFENDY, B.D., Biantoro, A.W., "Inspecting a bump test in the maintenance of a 1200-cc daihatsu sigra disc brake", *Sinergi*, v. 23, n. 3, pp. 191-198, Okt. 2019.
- [19] Biantoro, A.W., MARYANTO, H., HIDAYANTO, A.K., HAMID, A., "The Investigation of End Mill Feeds on CNC Router Machine Using Vibration Method", *Sinergi*, v. 24, n. 2, pp. 117-124, June 2020.
- [20] SANGIAN, H., RAHMAN, D.A., RUDIWANTO, R., SUBEKTI, HAMID, A., "Analisis Getaran pada Screw Compressor Akibat Pengaruh Putaran Rotor", *Rekayasa Mesin*, v. 11, n. 2, pp. 267-275, 2020.
- [21] SUBEKTI, S., HIDAYAT, M.N., EFENDI, B.D., HAMID, A., MURWANTO, A., "Hilbert Transform Analyzer for Mechanical Fault Detection of Vehicle Alternators", *Automotive Experiences*, v. 3, n.3, pp. 89-95, 2020.
- [22] HOMAEI, F., SHOJAEE, S., AMIRI, G.G., "Multiple-Structural Damage Detection Using Measured Frequency Response Function", *Iranian Journal of Structural Engineering*. v. 2, n.1, pp. 13-18, 2015.
- [23] LIN, R.M., "Modeling, Detection, and Identification of Flexural Crack Damages in Beam Using Frequency Response Function", *Meccanica*, v. 51, n. 9, pp. 2027-2044, 2015.
- [24] GHATWAI, A.B., CHAITANYA, S.V., PHADKE, S.B., "Frequency Response Function Measurements of Disc and Drum Brake With its Verification by CAE", *International Research Journal of Engineering and Technology*, v.3, n. 5, pp. 2223–2228, 2016.
- [25] GULANG, M. F., HAQ, Z. D., ALPIYANTO, H., SUBEKTI, S., "Karakteristik dinamik needle bearing pada camshaft dohc suzuki satria fu150 yang telah di modifikasi, dengan metode bump test", *Jurnal Teknika*, Vol 16, No 2 (2020): Edisi November 2020 –
- [26] EVERE, E., VOORHOEVE, R., OOMEN, T., "On Frequency Response Function Identification for Advanced Motion Control", In: *IEEE International Workshop on Advanced Motion Control (AMC)*, pp. 1-6, Kristiansand, Norway, 2020.
- [27] KOSSACK, C., ZIEGERT, J., SCHMITZ, T., "The Sliding Friction Contact Frequency Response Function", In: *Procedia Manufacturing*, v. 34, pp. 73–82, 2019.

- [28] OGRINEC, P., SLAVIČ, J., CESNIK, M., BOLTEŽAR, M. “Vibration Fatigue at Half-Sine Impulse Excitation in The Time And Frequencies Domains”, *International Journal of Fatigue*, v. 123, pp. 308-317, 2019.