

## ANALISIS FREKUENSI NATURAL DAN MODUS GETAR BALOK KANTILEVER ALUMINIUM DENGAN METODE ELEMEN HINGGA DAN EKSPERIMENTAL

**Nanang Endriatno**  
Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Halu Oleo  
Jurusan Teknik Mesin  
nanangendriatno@gmail.com

*A structure can experience vibration at a certain level, parameters such as material properties, position of supports, and system frequency determine their vibration characteristics. This study aims to analyze the relationship between natural frequency and vibration mode using both Autodesk Inventor software and experimental method. Vibration mode analysis was carried out on 5 modes of a cantilevered aluminum beam. Experimental tests were also carried out to measure the dynamic responses or vertical vibration displacements using a vibration meter. The beam used was 6061 Aluminum series material with a length of 90 cm with 5 measurement points at an interval of 18 cm. The results show that each of natural frequency ( $\omega_n$ ) has a different vibration mode. The experimental results show the same trend as the simulation results. Thus, the vibration are determined by the frequencies applied to the system and measurement positions on the cantilevered aluminum beam.*

**Keywords:** *Vibration Mode, Frequency, Vibration Displacement*

### 1. PENDAHULUAN

Getaran pada struktur rekayasa atau mesin akibat pembebanan dinamis merupakan fenomena yang terjadi disekitar kita. Pemahaman perilaku getaran sangat penting untuk perancangan struktur mesin maupun struktur rekayasa. Sebuah material akan mengalami getaran pada level tertentu sesuai karakteristik getarannya. Disamping efek yang merusak akibat kelelahan yang diterima material, getaran tersebut juga dapat dimanfaatkan untuk hal tertentu misalnya pada pengecekan kondisi level getaran mesin, mekanisme konveyor, maupun alat tepat guna seperti saringan getar, dan lain lain. Dengan mempelajari karakteristik getaran maka seorang ahli perancang dapat melakukan perancangan mekanis yang baik, perawatan pada kondisi mesin atau struktur rekayasa dengan pengecekan level getaran, dan penggunaan getaran pada mekanisme untuk mempermudah proses produksi [1-2].

Elemen mesin atau bagian dari konstruksi tersebut sering menerima beban yang berulang atau beban dinamis. Meskipun beban tersebut berada pada daerah elastis bahan, namun karena beban tersebut terjadi berulang akan menyebabkan kelelahan pada komponen tersebut. Umumnya semua mekanisme memiliki masalah dan karakteristik getaran dan terjadi pada setiap material memiliki yang massa dan elastisitas serta adanya ketidak seimbangan beban yang bekerja padanya. Contohnya Sebuah mesin dapat mengalami getaran karena adanya masa bolak balik yang tidak seimbang atau sebuah balok akan mengalami getaran pada level tertentu akibat diberi beban dinamis. Karakteristik getarannya yang terjadi dapat bergantung pada sifat material, posisi tumpuan, dan dimensi material tersebut [3].

Jika sebuah gaya dinamis diberikan pada sebuah benda dibawah batas elastisnya maka benda tersebut akan mengalami simpangan dan akan bergerak bolak balik karena sifat elastisnya. Konsep ini dikenal dengan hukum *Hooke* dan banyak penerapannya pada mekanisme atau struktur rekayasa, dimana kekakuan dan gaya yang diberikan berpengaruh terhadap perpindahan dari massa pada suatu sistem, seperti pada sistem suspensi,

balok kantilever, sayap pesawat, dan lainnya. Getaran atau perpindahan sebuah benda tergantung dari sifat elastisnya, frekuensi pribadi, kekakuan dan kondisi dukungan benda tersebut [2,4]. Perbedaan sifat material dan kondisi sistem menyebabkan getaran yang terjadi pada sistem mempunyai pola perpindahan getaran yang berbeda. Pengetahuan tentang pola getaran tersebut akan bermanfaat dalam menganalisis dan memantau kondisi getaran yang pada mesin maupun struktur rekayasa.

Setiap material mempunyai nilai frekuensi pribadi. Frekuensi pribadi merupakan sifat material yang ditentukan oleh massa dan kekakuannya. Frekuensi pribadi menjadi penting untuk diketahui untuk menghindari mesin struktur rekayasa digetarkan pada frekuensi tersebut. Karena jika frekuensi getaran sama dengan frekuensi naturalnya maka akan menimbulkan getaran yang cukup besar [2,5]. Beberapa penelitian telah menerapkan pengukuran getaran untuk meneliti tingkat getaran untuk mendeteksi kerusakan pada sistem atau komponen mesin [6-11]. Penelitian lain juga menggunakan analisis getaran untuk menganalisis putaran mesin yang baik [12].

Beberapa penelitian telah menganalisis karakteristik getaran pada sebuah mesin atau struktur material untuk mengukur tingkat getarannya. Perbedaan pola getaran dari kondisi awalnya dapat menandakan adanya kelainan pada struktur tersebut. Perawatan berkala pada mekanisme dapat dilakukan dengan pengukuran tingkat getarannya sehingga tidak harus merusak komponen tersebut. Hal ini menunjukkan pengetahuan tentang karakteristik atau pola getaran suatu bahan atau struktur menjadi bermanfaat. Getaran yang besar atau tidak normal pada alat transportasi atau struktur lain tentu akan menyebabkan kelelahan dan mempengaruhi batas waktu umur material dan juga menentukan tingkat kenyamanan penggunaannya. Struktur kompleks dapat mempunyai derajat kebebasan yang banyak, untuk perhitungan cepat maka perhitungan getaran harus menggunakan analisa numerik atau metode elemen hingga. Penggunaan *software* dapat digunakan untuk melakukan perhitungan frekuensi pribadi dan modus getarnya [2,13].

Penelitian tentang karakteristik dan pola getaran pada sebuah struktur sangat dibutuhkan, karena banyak getaran yang terjadi pada struktur atau mesin. Jenis material, kondisi beban dinamis dan struktur pendukungnya dapat menentukan pola getaran material tersebut [14]. Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui nilai frekuensi pribadi dan modus getar secara numerik. Nilai dari analisis numerik tersebut kemudian di uji secara eksperimental pada berbagai variasi titik sepanjang balok aluminium yang ditumpu kantilever. Berdasarkan hasil eksperimen diperoleh data dan pola perpindahan getaran pada beberapa mode frekuensi natural.

## 2. METODE DAN BAHAN

Pada penelitian ini simulasi metode elemen hingga menggunakan *software Autodesk Inventor*. Simulasi ini digunakan untuk memperoleh frekuensi pribadi ( $\omega_n$ ) balok kantilever dan modus getar atau pola perpindahan balok kantilever. Penelitian juga dilakukan secara eksperimen pada material dan dimensi yang sama dengan mengukur respon dinamis atau nilai simpangan vertikal getaran pada 5 titik sepanjang balok. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium 6061. Aluminium 6061 adalah material yang banyak digunakan untuk komponen otomotif. penggunaan aluminium pada kendaraan diharapkan dapat mengurangi berat kendaraan jika dibandingkan dengan menggunakan baja atau material logam lainnya. Disamping bobot yang ringan aluminium juga memiliki ketahanan terhadap korosi. Meskipun demikian karena digunakan pada komponen kendaraan yang bekerja pada suhu tinggi. Aluminium tersebut harus dipadukan dengan bahan yang lain yang lebih tahan terhadap panas seperti Aluminium seri 6061 merupakan aluminium paduan yang banyak digunakan sebagai material piston, silinder blok dan komponen mesin lainnya [15]. Data awal penelitian yang digunakan untuk simulasi numerik dan eksperimen dapat dilihat berikut ini:

- Modulus elastis aluminium = 68.9 GPa =  $68.9 \times 10^9 = 68900000000$  [16].
- Panjang balok (L) = 0,9 m.
- Lebar balok (b) = 0,03 m.
- Tebal balok (t) = 0,01 m.

Prosedur simulasi dengan menggunakan Autodesk Inventor 2020 adalah sebagai berikut :

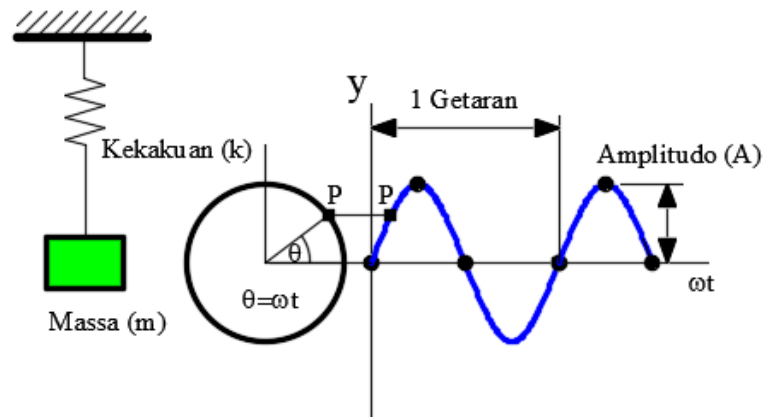
- Pembuatan desain 3 dimensi.
- Pada penelitian dibuat *part* balok dengan sesuai data awal, ukuran balok yang diberikan sama dengan ukuran balok yang digunakan dalam eksperimen.
- Penentuan material dan sifat mekaniknya

- Penentuan material dalam *Autodesk Inventor* yaitu Aluminium 6061, material ini sama dengan bahan yang digunakan dalam eksperimen.
- Penentuan jenis tumpuan (*constraint*)
- Penentuan tumpuan jepit bebas atau kantilever
- Penentuan jenis analisis
- *Modal analysis* digunakan untuk menganalisis 5 mode getaran balok. Sehingga nantinya akan dihasilkan 5 frekuensi pribadi.
- Pemberian mesh dan simulasi
- Setelah dilakukan meshing atau pemberian elemen pada balok, setelah itu dilakukan simulasi program, sehingga diperoleh mode getar pada tiap frekuensi pribadi.

Gerakan struktur atau sistem secara berulang pada posisi keseimbangannya disebut dengan getaran. Karena Getaran tersebut tidak dapat diukur dengan penglihatan dan sentuhan maka pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur. Salah satu cara untuk mengukur getaran mekanis menjadi sinyal elektronik adalah dengan menggunakan *vibration meter*. peralatan itu dapat digunakan untuk mengukur tingkat getaran pada berbagai Frekuensi (Hz) dan dapat dinyatakan dalam perpindahan (mm), kecepatan (m/s) dan percepatan ( $m/s^2$ ) [1]. Alat ukur getaran yang digunakan adalah Tipe KW0600332 *Vibration meter* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: *Vibration meter*



Gambar 2: Simpangan dan frekuensi getaran

Pada Gambar 2 terlihat sebuah massa yang digantung pada sebuah pegas dengan kekakuan ( $k$ ) dan massa ( $m$ ), jika pegas tersebut ditarik kebawah maka massa tersebut akan bergerak periodik disekitar titik keseimbangan dalam waktu tertentu ( $t$ ). Gerakan massa akan berulang dan dapat digambarkan dalam gerak melingkar. Terlihat titik P bergerak dari titik nol ke P sehingga membentuk sudut ( $\theta$ ) dengan kecepatan sudut ( $\omega$ ) dan waktu tertentu ( $t$ ). Frekuensi sudut atau kecepatan sudut  $\omega$  adalah besar sudut ( $\theta$ ) yang ditempuh setiap satuan waktu. Grafik menunjukkan hubungan antara  $\omega t$  dan simpangan ( $x$ ). Sistem bergetar pada satu siklus dalam suatu periode ( $T$ ) disekitar titik keseimbangan dan terjadi secara berulang-ulang. Satu siklus getaran dalam grafik diatas adalah pada jarak  $2\pi$ . Ketika pegas, ayunan, atau balok digetarkan benda tersebut akan mengalami *displacement* atau perpindahan getar ( $y$ ) dan nilai ini diukur dengan *vibration meter* dalam

penelitian ini [17]. Prosedur pengujian eksperimental untuk memperoleh nilai *displacement* vertikal adalah sebagai berikut :

- Balok aluminium diletakkan pada tumpuan kantilever.
- *Transducer* (sensor getaran) ditempatkan pada salah satu posisi dengan interval 18 cm: 18 cm, 36 cm, 54 cm, 72 cm, dan 90 cm (ujung balok).
- motor *exciter* dipasang pada posisi dekat tumpuan.
- *Vibration meter* dan *exciter* motor dihidupkan sehingga berputar pada frekuensi tertentu.
- Data *vibration displacement* dicatat setelah nilainya tidak berfluktuasi.
- Langkah 1-5 diulang untuk mendapat data yang akurat.

Skema dan Instalasi pengujian getaran dari balok kantilever ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3: Skema pengujian getaran



Gambar 4: Instalasi pengujian getaran

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Pada penelitian ini simulasi metode elemen hingga menggunakan program *Autodesk Inventor* untuk perhitungan frekuensi pribadi dan mode getaran. Sedangkan pengujian getaran secara eksperimental dilakukan juga pada lima titik yang sama untuk mendapatkan nilai simpangan atau perpindahan getarnya. Balok digetarkan dengan menggunakan motor *exciter* yang berputar pada putaran tertentu. Pada saat pengujian sensor getaran diletakkan secara bergantian pada 5 titik pengukuran. Sehingga dapat diketahui modus getaran pada balok kantilever aluminium, dari data hasil simulasi dan eksperimen tersebut kemudian dibandingkan modus getarannya.

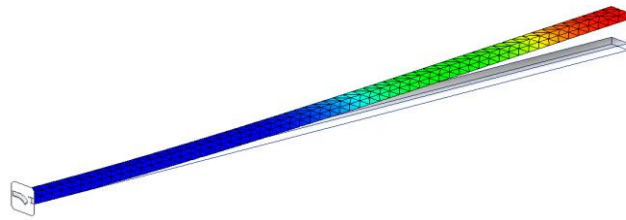
#### 3.1 Karakteristik getaran dengan simulasi metode elemen hingga

Setelah dilakukan prosedur simulasi, maka pola getaran dari balok kantilever diperoleh. Tabel 1 adalah nilai frekuensi natural pada tiap mode getaran atau mode perpindahan dari sistem. Hasil simulasi dengan program *Autodek inventor*, menggunakan analisis modal dengan 5 mode getar. Berdasarkan simulasi tersebut diperoleh 5 nilai frekuensi natural dan modus getar dari balok. **Gambar 5 (a-d)** menunjukkan gambar modus getar dari setiap nilai frekuensi hasil simulasi dengan program *Autodesk Inventor*.

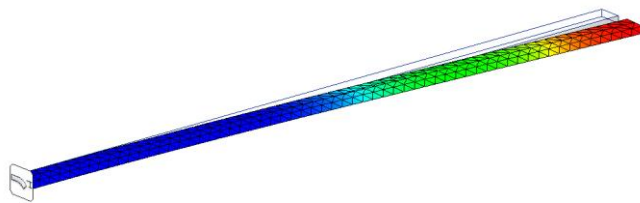
Tabel 1: Modus getar dan nilai frekuensi pribadi

Mode	Hz	Rpm
1	10,12	607,2
2	30,27	1816,2

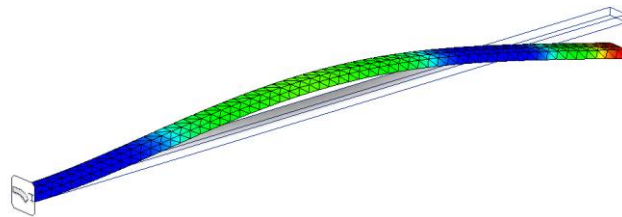
3	63,38	3802,8
4	177,52	10651,2
5	188,53	11311,8



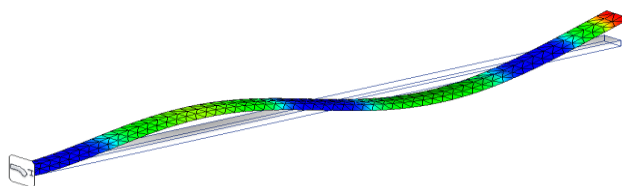
a. Gambar modus getar 1 pada frekuensi 10,12 Hz



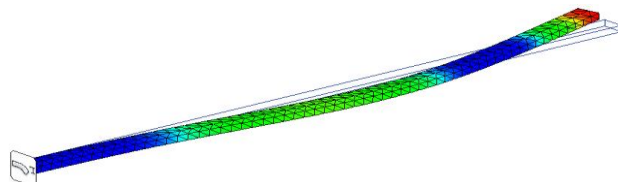
b. Gambar modus getar 1 pada frekuensi 30,27 Hz



c. Gambar modus getar 1 pada frekuensi 63,38 Hz



d. Gambar modus getar 1 pada frekuensi 177,52 Hz



e. Gambar modus getar 1 pada frekuensi 188,53 Hz

**Gambar 5.** Bentuk modus getaran tiap frekuensi

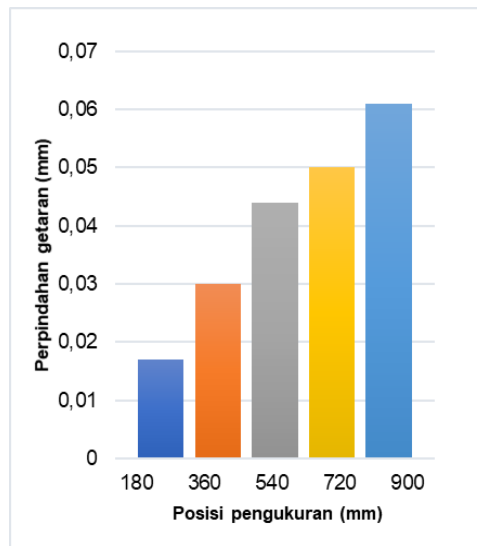
Tabel 1 menunjukkan 5 nilai frekuensi pribadi, dan modus getarnya ditunjukkan pada Gambar 5 (a-e). Dapat dilihat bahwa pada nilai 5 frekuensi pribadi balok kantilever aluminium dengan nilai tertinggi 188,53 Hz (mode getar 5). Sedangkan terendah pada 10,12 Hz (mode getar 1). Semakin besar nilai frekuensi maka bentuk mode getarnya juga berubah dan bergelombang. Mode getar 1 terjadi pada frekuensi 10,12 Hz atau setara dengan 607,2 rpm artinya bahwa balok bergetar 10,12 kali selama 1 detik atau dalam gerak melingkar dibutuhkan 607,2 putaran per menit dan terlihat bahwa balok mengalami defleksi terbesar pada ujung balok daripada posisi dekat tumpuan, namun pada frekuensi lebih tinggi mode getaran balok berubah dimana perpindahan getar maksimum tidak hanya terjadi pada ujung balok tetapi terjadi juga pada beberapa titik sepanjang balok dan terdapat daerah tertentu dengan perpindahan getar kecil. Setiap material dapat memiliki lebih dari satu frekuensi pribadi dan mempunyai mode yang berbeda, dari hasil simulasi menunjukkan bahwa defleksi balok dipengaruhi oleh frekuensi yang diberikan [18,13].

### 3.2 Karakteristik respon simpangan getaran secarav eksperimental

Berikut ini adalah Tabel 2 data dan Gambar 6 hasil eksperimen getaran balok kantilever dengan menggunakan alat ukur *vibration meter*. Tabel 2 dan Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran perpindahan getaran (mm) dengan menggunakan *vibration meter* pada 5 titik pengukuran yaitu 180 mm, 360 mm, 540 mm, 720 mm, dan 900 mm. Balok digetarkan dengan motor penggetar pada putaran 600 rpm atau jika dikonversikan ke Hertz maka balok akan bergetar pada frekuensi 10 Hz atau mendekati frekuensi 10,12 Hz pada simulasi *Autodesk Inventor*. Motor penggetar diberikan masa tidak seimbang pada satu titik sehingga motor akan memberikan getaran pada balok setiap satu kali putaran motor penggetar atau dengan kata lain ketika motor berputar satu kali putaran maka balok akan bergerak atau mengalami simpangan dari posisi awal lalu kembali ke posisi awal kembali dan gerakan dianggap satu siklus getaran. Dari grafik terlihat bahwa perpindahan maksimum terjadi pada ujung balok dengan nilai 0,061 mm (900 mm dari tumpuan), sedangkan perpindahan terendah terjadi pada daerah dekat tumpuan kantilever dengan nilai 0,017mm (180 mm dari tumpuan). Ketika balok digetarkan pada frekuensi 10 Hz tersebut terlihat bahwa balok mempunyai pola perpindahan getaran yang sesuai dengan hasil simulasi *Autodesk Inventor* yaitu nilai perpindahan maksimumnya pada ujung balok. Bahwa karakteristik getaran ditentukan oleh sifat benda itu sendiri seperti modulus elastis (E), namun frekuensi yang diberikan pada sistem dan posisi material terdapat tumpuan juga mempengaruhi mode getaran dan besar perpindahan getarnya, hal ini dapat menjadi kajian awal untuk mempelajari perilaku dinamik benda atau pertimbangan dalam perencanaan mesin maupun struktur rekayasa [18].

**Tabel 2:** Nilai perpindahan getar (mm) secara eksperimental

Posisi transducer (mm)	Perpindahan getaran rata2 (mm)
180	0,017
360	0,03
540	0,044
720	0,05
900	0,061



**Gambar 6:** Hubungan posisi pengukuran dan perpindahan getar secara eksperimental (mm)

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi menunjukkan sebuah balok mempunyai beberapa nilai frekuensi pribadi tergantung pada berapa jumlah elemen mode yang diberikan. Pada mode pertama atau frekuensi rendah mode getaran mengalami kenaikan atau nilai perpindahan getarnya meningkat sampai keujung balok. Ketika frekuensi sistem berubah maka mode getarnya berubah atau pola simpangannya berubah sepanjang balok. Dari eksperimen pengujian getaran balok kantilever terlihat bahwa Perbedaan jarak titik pengukuran dari tumpuan kantilever menunjukkan nilai perpindahan getaran berubah. Ketika balok digetarkan pada mode pertama maka nilai maksimum perpindahan getaran terdapat pada ujung balok. Sedangkan nilai minimum terjadi pada daerah pengukuran dekat tumpuan jepit. Hasil eksperimen menunjukkan pola getaran yang sama dengan hasil simulasi program.

#### 5. PERNYATAAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Pihak dari Jurusan Teknik Mesin Universitas Halu Oleo dan semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan namanya satu persatu.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] HAMID, A., *Praktikal vibrasi mekanik teori dan praktik*, Edisi 1, Yogyakarta, Graha Ilmu, 2012.
- [2] RAO, S.S., *Mechanical Vibrations*, Fifth Edition, United States of America, Prentice Hall, 2011.
- [3] MATSUSHITA, O., TANAKA, M., KANKI, H., KOBAYASHI, M., KEOGH, P., *Vibration of Rotating Machinery Basic rotordynamics: Introduction to Practical*, Volume 1, Japan, 2017.
- [4] BOWO, G.A., SETIYANA, B., DARMANTO, “Analisis alat uji getaran mekanis dengan variasi konstanta pegas tanpa peredam viskos”, v. 13, n. 1, pp. 1-6, 2017
- [5] KRODKIEWSKI, J.M., *436-431 Mechanics 4 Unit 2 Mechanical vibration*, Australia, The University of Melbourne, 2008.
- [6] SURYADI, D., FEBRIAYANTO, M.R., FITRILINA, “Analisis ketidaksesumbuan poros (misalignment) pada rotor dinamik berdasarkan sinyal suara”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 12, n. 2, pp. 487-495, 2021
- [7] SUBEKTI, HIDAYAT, M.N., HAMID, A., EFENDI, B.D., SILAEN, J., WIDODO, A.P., “Identifikasi kerusakan alternator Daihatsu Luxio dengan Metode Fungsi Respon Frekuensi”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 12, n. 2, pp. 275-286, 2021
- [8] EDDY, N., ANDRIYANSA, HALIM, A., PURBAYA, R.W., In: *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (SNAST)*, pp. 111-116, Nov. 2014
- [9] KRISWINANTYO, D., HARTOPO, H., “Terjadinya unbalanced fan blade sebagai salah satu

- penyebab vibrasi pada engine CFM56-7B Boeing 737-900 ER PK-LGK” *Jurnal INDEPT*, v. 5, n. 1, pp. 5-8, 2015
- [10] ARITONANG, S., IMASTUTI, WULANUARI, P.H., “Analisis kerusakan yang disebabkan oleh vibrasi pada sistem suspensi kendaraan roda empat” *Jurnal Teknologi Daya Gerak*, v. 1, n. 1, pp. 17-33, 2018
- [11] ENDRIATNO, N., “Analisis getaran akibat massa yang tidak seimbang pada motor yang berputar”, *Jurnal Dinamika*, v. 12, n. 2, pp. 58-64, 2021
- [12] SANGIAN, S., RAHMAN, D.A., RUDIWANTO, SUBEKTI, HAMID, A., “Analisis getaran pada screw compressor akibat pengaruh putaran rotor”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 11, n. 2, pp. 267-275, 2020
- [13] HUTAHAEAN, R.Y., *Getaran Mekanik dilengkapi pemrograman dan simulasi dengan matlab*, Yogyakarta, CV. Andi offset, 2012.
- [14] INMAN, J.D., *Engineering vibrations*, Fourth edition, New York USA, Pearson, 2014
- [15] MALEQUE, M.A., RADHI, M., RAHMAN, M.M., “Wear study of Mg-SiCp reinforcement aluminium metal matrix composite”, *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, v. 10, n. 1, pp. 1758-1764, 2016
- [16] GABRIAN INTERNATIONAL (H.K.) Ltd, <https://www.gabrian.com/6061-aluminum-properties/> diakses: Oktober 2021
- [17] PAIN, H.J., RANKIN, P., *Introduction to Vibrations and Waves*, Colorado, USA, Wiley, 2015
- [18] MUSTAFA, “Penentuan frekuensi pribadi pada getaran balok komposit dengan penguat fiberglass”, *Jurnal Mekanikal*, v. 2, n. 2, pp. 163-168, 2011
- [19] PALAZZOLO, A., *Vibration Theory and Applications with Finite Elements and Active Vibration Control*, Texas, USA, Wiley, 2016