Jurnal Vokasi Mekanika, Vol. 7, No. 1, February 2025
e-ISSN 2656-1697; p-ISSN 2656-2812

Natural Frequency Analysis of Engine Mounting Structures using Solidworks Research License 2021-2022

Reynaldy Pasaribu[1], Delima Yanti Sari[1], Waskito[1], Arwizet[11]

[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, **INDONESIA**

Corresponding author: reynaldypasaribu50@gmail.com
Received March 1st 2024; Revised April 25th 2024; Accepted May 27th 2024

Abstract

Engine Mounting or engine mount is an important component found in internal combustion engines and external combustion engines that function to dampen vibrations and noise, and withstand engine loads. Every internal combustion engine is inseparable from vibrations, this is because in general internal combustion engines produce rotational motion and experience repeated cycles. If vibration has entered the Natural Frequency of a machine part structure, it can cause damage to the structure of the machine components. The natural frequency of an object depends on its physical characteristics such as mass and stiffness. This study aims to determine the vibration mode and natural frequency value of the engine mounting, this is very important to do to prevent resonance in the engine mounting. In this study, a three-dimensional model of the engine mounting structure was created using CAD (Computer Aided Design) software, namely Solidworks Research License 2021-2022, and the procedure used in this study was FEA (Finite Element Analysis) in Solidworks Research License 2021-2022 software. The simulation was performed by meshing around 65,591 mesh elements. The simulation results of Solidworks show that the natural frequency of the engine mounting ranges from 37.40 Hz to 177.28 Hz, with a maximum displacement reaching 0.562 in the AMPRES description in mode 8. This finding emphasizes the importance of choosing the engine operating frequency so that it is not close to the natural frequency of the engine mounting. In addition, the dynamic response of the maximum displacement shows the need for careful design to reduce the impact of vibration on engine performance. Further research should focus on the development of materials and designs that can minimize the maximum displacement and increase the stability of the engine mounting structure.

Keywords : Natural Frequency Analysis, Engine Mounting, Finite Element Analysis, Solidworks

Jurnal Vokasi Mekanika, Vol. 7, No. 1, February 2025
e-ISSN 2656-1697; p-ISSN 2656-2812

Analisis Natural Frequency pada Struktur Engine Mounting dengan Solidworks Research License 2021-2022

Abstrak

Engine Mounting atau dudukan mesin merupakan komponen penting yang terdapat pada mesin pembakaran dalam maupun mesin pembakaran luar yang memiliki fungsi untuk meredam getaran maupun kebisingan, dan menahan beban mesin. Setiap mesin pembakaran dalam tidak terlepas dari yang namanya getaran atau vibrasi, hal ini karena pada umumnya mesin pembakaran dalam menghasilkan gerak rotasi dan mengalami siklus berulang. Jika vibrasi sudah memasuki Natural Frequency dari suatu struktur bagian mesin, maka akan dapat menimbulkan kerusakan terhadap struktur komponen-komponen mesin. Natural frequency suatu objek tergantung pada karakteristik fisiknya seperti massa dan kekakuannya. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui modus getar, dan nilai natural frequency dari engine mounting, hal ini sangat penting dilakukan untuk mencegah terjadinya resonansi pada engine mounting. Dalam penelitian ini model tiga dimensi struktur engine mounting dibuat menggunakan perangkat lunak CAD (Computer Aided Design) yaitu Solidworks Research License 2021-2022, dan prosedur yang digunakan dalam penelitian ini adalah FEA (Finite Element Analysis) pada software Solidworks Research License 2021-2022. Simulasi dilakukan dengan meshing sekitar 65.591 element mesh hasil simulasi solidworks menunjukkan bahwa natural frequency engine mounting berkisar antara 37,40 Hz hingga 177,28 Hz, dengan displacement maximum mencapai 0,562 dalam keterangan AMPRES pada modus 8. Temuan ini menegaskan pentingnya memilih frekuensi kerja mesin agar tidak berdekatan dengan natural frequency engine mounting. Selain itu, respon dinamis displacement maximum manunjukkan, perlunya perancangan yang cermat untuk mengurangi dampak vibrasi pada kinerja mesin. Penelitian lebih lanjut sebaiknya fokus pada pengembangan material dan desain yang dapat meminimalkan displacement maximum serta meningkatkan stabilitas struktur engine mounting.

Kata Kunci : Analisis Natural Frequency, Engine Mounting, Finite Element Analisis, Solidworks

I. PENDAHULUAN

Engine mounting atau dudukan mesin adalah komponen vital yang berfungsi sebagai penopang dan peredam getaran dari suatu mesin kendaraan maupun mesin pembangkit listrik. *Engine mounting* berbentuk pegas yang terbuat dari material *Alloy Steel* yang mengamankan posisi mesin agar tetap stabil, dan menyerap getaran yang dihasilkan mesin. Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan gambar *engine mounting* yang terdapat di ULPLTG/MG Duri. *Engine mounting* berfungsi sebagai pondasi serta penopang mesin pembangkit.



Gambar 1. *Engine Mounting*

Menurut (Ganesan, 2012) setiap mesin pembakaran dalam tidak terlepas dari yang namanya getaran atau *vibrasi*, hal ini karena pada umumnya mesin pembakaran dalam menghasilkan gerak rotasi dan mengalami siklus berulang. Menurut (Fries, 2000) *vibrasi* yang dihasilkan dalam keadaan rentang yang

aman untuk mesin. Jika *vibrasi* sudah memasuki *natural frequency* dari suatu struktur bagian mesin, maka akan dapat menimbulkan kerusakan atau kegagalan fungsi dari komponen-komponen mesin. *Natural frequency* dikenal juga dengan *eigen frequency* merupakan frekuensi osilasi yang cenderung dimiliki suatu sistem, ketika sistem dibiarkan bergetar tanpa adanya gaya penggerak atau redaman (damping)" (Rao, 2007).

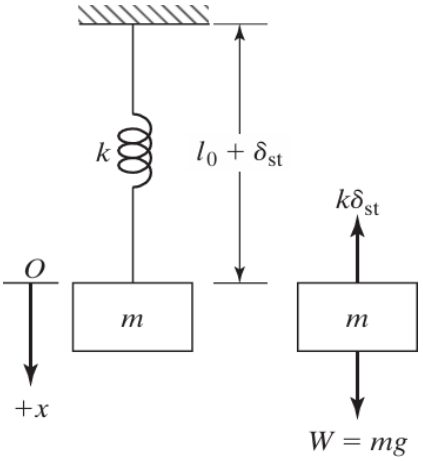
Dalam penelitian ini membahas tentang analisis *natural frequency* pada *engine mounting*, peneliti melihat kondisi mesin pembangkit menghasilkan getaran yang cukup besar, dan ditambah dengan getaran yang dihasilkan mesin pembangkit lain. Oleh sebab itu, untuk mencegah terjadi resonansi pada *engine mounting* atau biasa disebut dengan dudukan mesin, perlu mengetahui dahulu nilai *natural frequency* dari *engine mounting* tersebut, dengan cara melakukan analisis modal pada *Solidworks*.

Menurut (Sharpe et al., 2011) resonansi adalah fenomena fisika di mana sebuah sistem mengalami peningkatan amplitudo getaran atau osilasi ketika *exsternal frequency* mendekati *natural frequency* dari suatu sistem. Dari fenomena yang terjadi dapat menimbulkan kerusakan maupun kegagalan dari suatu struktur.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan, pada penelitian ini dilakukan analisis dengan *metode Finite Element Analyis* (FEA) dengan memanfaatkan *software Solidworks Research License* 2021-2022 untuk melakukan analisis *natural frequency.*

1. *Natural Frequency*

Menurut (Rao, 2017) *natural Frequency* merupakan frekuensi dimana sebuah objek akan bergetar secara bebas (tanpa adanya damping) dalam gerak harmonik sederhana ketika digerakkan. *Natural frequency* suatu objek tergantung pada karakteristik fisiknya seperti massa dan kekakuannya. Setiap objek memiliki *natural frequency* nya masing-masing. Rumus dasar untuk mendapatkan *natural frequency* struktur terutama pada sistem satu derajat kebebasan sebagai berikut.



Gambar 2. Sistem Getaran 1 DOF

Persamaan gerak sistem pada Gambar 2 dapat dituliskan sebagai berikut :

$$mx\ddot{} + kx = 0 \quad (1)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2)$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3)$$

Keterangan :

$m\ddot{x}$ = Gaya inersia massa
kx = Gaya pegas
ω_n = *Natural Frequency* dalam radian (rad/s)
fn = *Natural Frequency* dalam hertz (Hz)
k = Konstanta kekakuan pegas (N/m)
m = Massa (kg)
π = 3,14

Menurut (Inman, 2007) frekuensi yaitu banyaknya getaran yang terjadi tiap satuan waktu. Ketika rangkaian gelombang melewati titik - titik suatu medium maka sejumlah gelombang akan berada pada medium tersebut dalam unit waktu tertentu. Rumus umum frekuensi adalah :

$$f = \frac{1}{T} \tag{4}$$

Keterangan :

f = frekuensi (Hz)
T = periode (s)

2. Getaran Bebas Satu Derajat Kebebasan

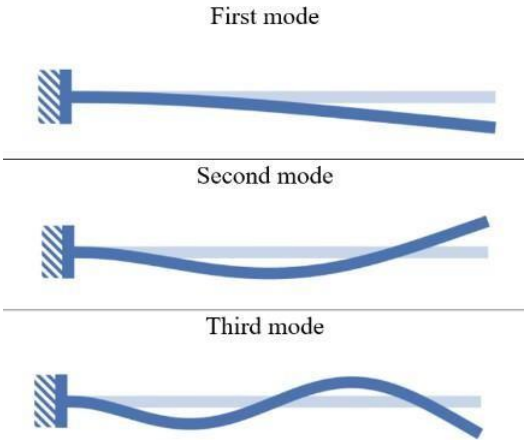
Menurut S. Graham Kelly, (2012) Suatu sistem getaran bebas yang diidealisasikan sebagai sistem satu derajat kebebasan dapat dimodelkan dengan sistem yang terdiri dari sebuah massa (m), sebuah kekakuan (k), dan sebuah redaman (c). persamaan gerak untuk sistem satu derajat kebebasan adalah:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \tag{5}$$

Keterangan :
$m\ddot{x}$ = Gaya inersia massa
$c\dot{x}$ = Gaya redaman *viscous* (sebanding dengan kecepatan)
kx = Gaya pegas

3. Modus Getar *(mode shape)*

Menurut Roy R. Craig Jr, (2006) modus getar (*mode shape)* merupakan pola deformasi yang dialami oleh suatu struktur atau sistem ketika bergetar pada frekuensi alami tertentu. Modus getar juga dapat diartikan sebagai gerakan atau isolasi dalam suatu sistem mekanik atau gelombang yang mengalami periode atau frekuensi (Son & Afandi, 2018). Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bentuk modus getar



Gambar 3. Bentuk Modus Getar (*Mode Shape*)

4. *Finite Element Analysis* (FEA)

Menurut (Lawson, 2020) *finite element analysis* adalah suatu cara atau metode numeris untuk mendapatkan penyelesaian dari persamaan diferensial maupun persamaan integral. Penyelesaian persamaan diferensial didasarkan pada penyederhanaan persamaan diferensial yang kompleks dan banyak menjadi persamaan diferensial biasa, kemudian diselesaikan dengan mengintegralkan secara numeris dengan menggunakan metode *Euler* atau *Runge- Kutta.*

5. *Software Solidworks*

Menurut (Siemens & Tingkat, 2020) mengatakan bahwa *Solidworks* adalah *software* yang digunakan untuk membuat desain produk yang sederhana hingga yang kompleks seperti roda gigi, *cashing handphone*, mesin mobil dan sebagainya. *Solidwork* menyediakan *feature based, parametric solid modeling. Feature based* dan *parametric* ini yang akan sangat mempermudah dalam membuat model 3D. Selain itu, *solidworks* juga dapat digunakan untuk melakukan analisis *natural frequency*, statis, thermal, dan lainnya.

II. METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA), dan untuk melakukan analisis *natural frequency engine mounting* tersebut, perlu adanya bantuan dari suatu *software* yaitu *Solidworks*. Penelitian ini dimulai dari dengan mempersiapkan geometri dan material yang digunakan pada *engine mounting*. Kemudian melakukan desain 3D menggunakan *software solidworks*, selanjutnya melakukan analisis *Natural Frequency* pada struktur *engine mounting* menggunakan analisis modal yang terdapat pada meja kerja *software Solidworks*.

Menurut (Ari et al., 2022) analisis modal adalah proses menentukan karakteristik dinamis yang melekat pada suatu sistem dalam wujud faktor redaman, frekuensi alami, dan bentuk mode yang dapat digunakan untuk merumuskan model matematika untuk perilaku dinamisnya.

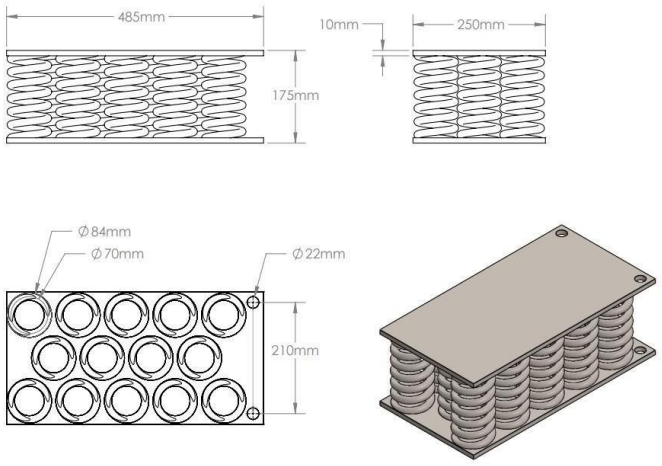
2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi Departemen Teknik Mesin Universitas Negeri Padang. Untuk data material dan geometri dari engine mounting tersebut diperoleh di PT. PLN Nusantara Power ULPLTG/MG Duri, Jalan Balai Pungut, Kecamatan Pinggir, Kabupaten Bengkalis, Riau. Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada Juni-Juli 2024.

3. Data Geometri dan Material *Engine Mounting*

a. Data Geometri *Engine Mounting*

Berikut merupakan gambar kerja dari engine mounting yang akan diteliti.



Gambar 4. Geometri *Engine Mounting*

Untuk melengkapi sebagian data yang masih kurang tersebut, perlunya melakukan pengukuran langsung ke lapangan terhadap *engine mounting*. Berikut merupakan data yang telah diperoleh.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Dilapangan

Nomor	Parameter	Nilai (mm)
1.	**Diameter Pegas**	84
2.	**Diameter Profil Pegas**	14
3.	**Diameter Lubang Baut**	22

b. Data Material *Engine Mounting*

Engine mounting ini menggunakan *material Alloy Steel* AISI 4140. Dapat dilihat pada Tabel 2 berikut untuk data material pada struktur engine mounting.

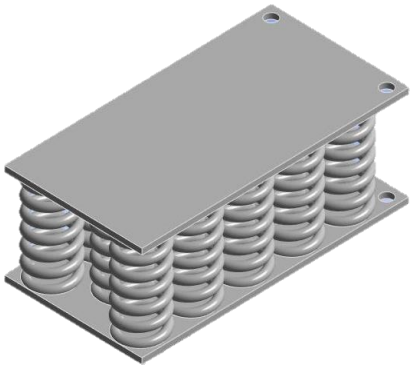
Tabel 2. Data Material *Engine Mounting*

Nomor	Parameter	Nilai
1.	Young Modulus	210.000 MPa
2.	Poisson Ratio	0.28
3.	Densitas	7.700 kg/mm^3
4.	Bulk Modulus	1.5909E+11 Pa
5.	Shear Modulus	8.2031E+10 Pa

4. Tahap Simulasi

a. Membuat gambar desain dari struktur *engine mounting*

Pada Gambar 4 menunjukkan desain dari struktur *engine mounting,* yang akan dijadikan sebagai objek pada analisis *natural frequency.*



Gambar 5. *Desain* Struktur *Engine Mounting*

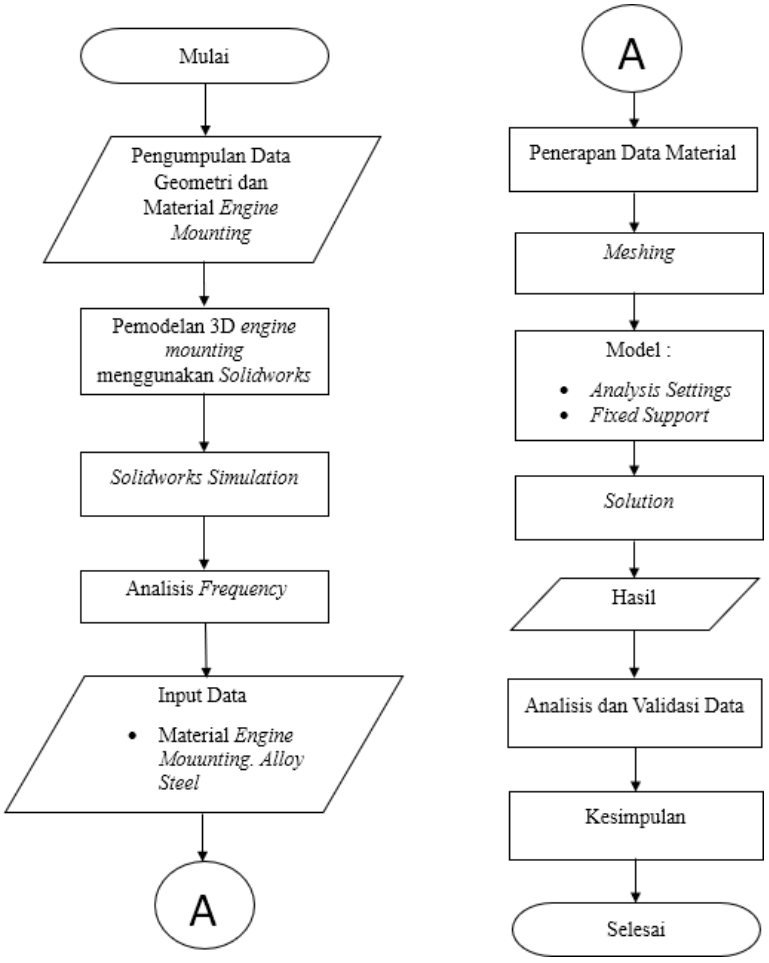
b. Analisis Modal dengan *Solidworks Research License 2021-2022*

Adapun langkah-langkah dalam melakukan simulasi analisis modal pada *Solidworks Research License 2021-2022* sebagai berikut:

- Mempersiapkan model dari *engine mounting*.
- Masuk *simulation* lalu pilih analisis *frequency.*
- Atur unit sistem analisis.
- Pilih material yang digunakan.
- Jadikan bagian base sebagai *Fixed geometry.*
- *Meshing.*
- *Analysis settings.*
- *Running simulation.*
- *Results.*

5. Prosedur Penelitian

Berikut merupakan diagram alir untuk melakukan penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL PENELITIAN

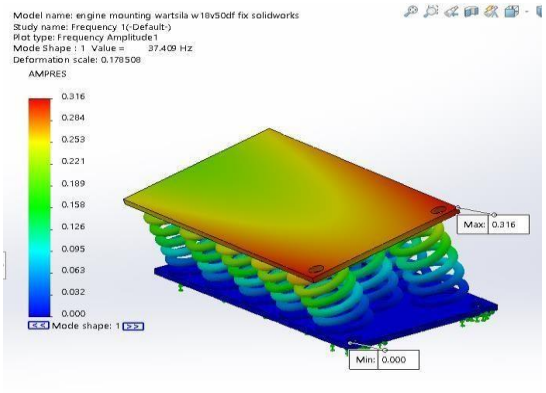
1. Hasil

Analisis *natural frequency* pada *engine mounting* yang telah dilakukan didapatkan hasil analisis yang terdiri dari 10 modus getar, dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

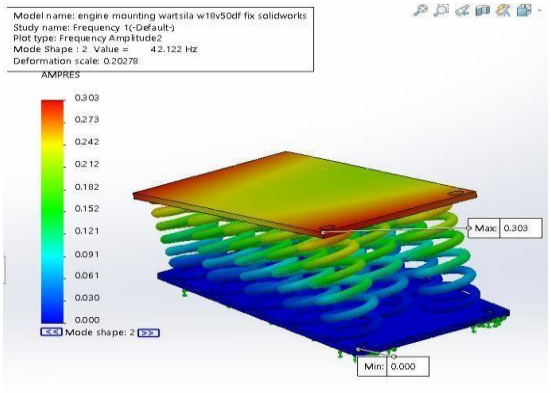
Tabel 3. Hasil Analisis *Natural Frequency Engine Mounting*

Nomor	Hasil Analisis Modal Solidworks	
	Natural Frequency (Hz)	Displacement Maksimal (AMPRES)
1.	37,40	0,316
2.	42,12	0,303
3.	47,71	0,433
4.	62,95	0,380
5.	70,93	0,423
6.	85,71	0,373
7.	159,47	0,439
8.	165,29	0,562
9.	176,86	0,527
10.	177,28	0,520

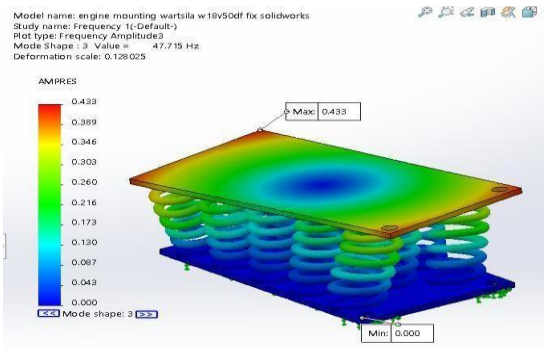
Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui untuk 10 nilai *natural frequency engine mounting* ini berkisar 37,40 Hz hingga 177,28 Hz. Perbedaan dari *natural frequency* menghasilkan modus getaran dan respon berbeda terhadap deformasi komponen. Hal ini dikarenakan oleh defleksi yang terjadi, karena defleksi ini dipengaruhi oleh material, konfigurasi, kecacatan, dan sebagainya. Dapat dilihat pada Gambar 7 hingga Gambar 16 menunjukkan hasil analisis *natural frequency* dari *engine mounting.*



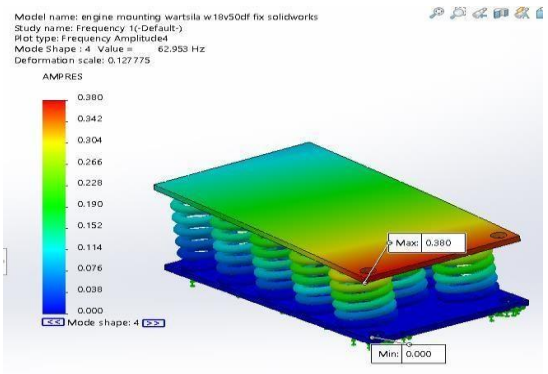
Gambar 7. Modus Getar 1



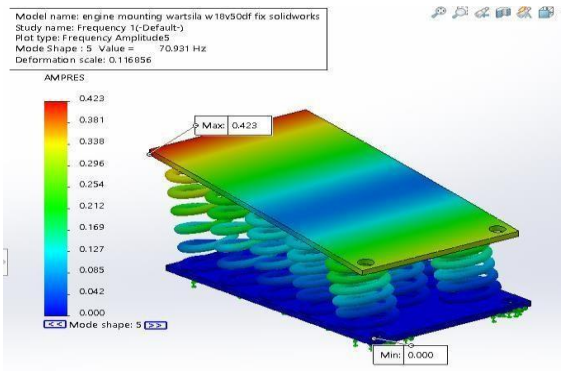
Gambar 8. Modus Getar 2



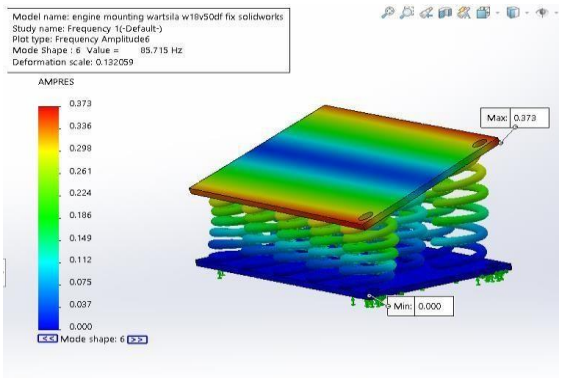
Gambar 9. Modus Getar 3



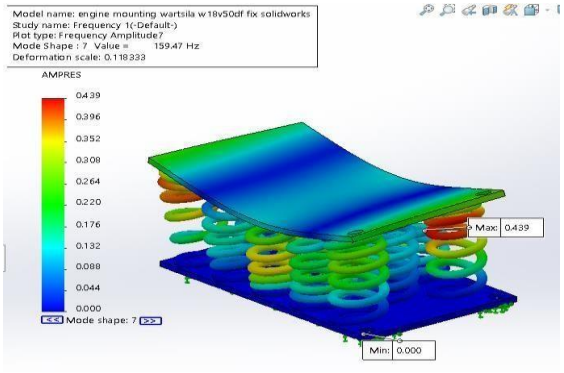
Gambar 10. Modus Getar 4



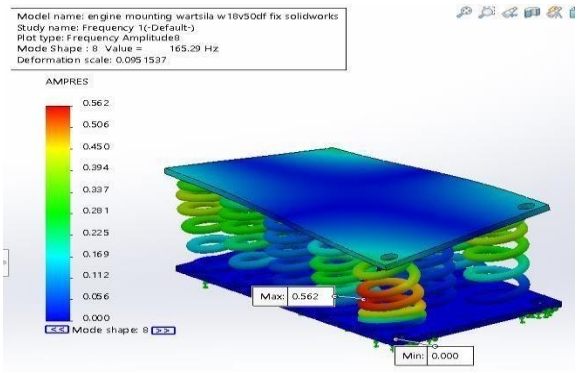
Gambar 11. Modus Getar 5



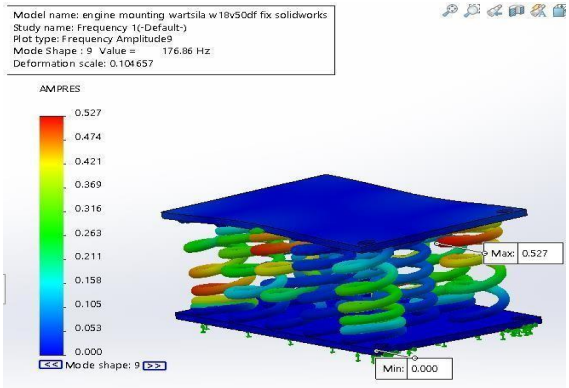
Gambar 12. Modus Getar 6



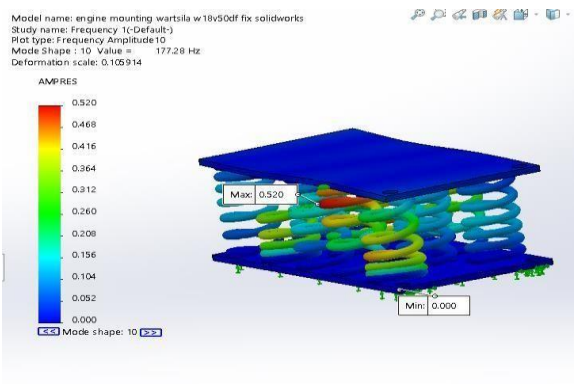
Gambar 13. Modus Getar 7



Gambar 14. Modus Getar 8



Gambar 15. Modus Getar 9



Gambar 16. Modus Getar 10

IV. PEMBAHASAN

Dalam studi ini, analisis *natural frequency* dan *displacement maximum* pada *engine mounting* dilakukan menggunakan *software SolidWorks*. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat sepuluh modus getar yang berhasil diidentifikasi dengan *natural frequency*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Analisis *natural frequency* ini sangat penting untuk memahami desain *engine mounting*, karena frekuensi yang teridentifikasi memberikan informasi tentang perilaku dinamis komponen tersebut. *Natural frequency* yang lebih rendah, seperti yang terukur pada modus getar 1 hingga 3, menunjukkan kecenderungan *engine mounting* untuk bergetar pada frekuensi rendah, yang dapat berdampak pada kenyamanan dan performa mesin. Modus getar ini harus dihindari agar tidak bertepatan dengan frekuensi operasional mesin yang dapat menyebabkan terjadinya resonansi.

Displacement maximum yang terukur pada setiap modus getar memberikan informasi tambahan mengenai respon dinamis *engine mounting*. Displacement maksimum ini mencerminkan seberapa besar deformasi yang dialami *engine mounting* pada masing-masing modus getar. Pada modus 8, *displacement maximum* tercatat sebesar 0,562 dalam keterangan AMPRES, yang menunjukkan respon signifikan pada frekuensi 165,29 Hz. Hal ini dapat berpengaruh pada kinerja dan daya tahan *engine mounting*.

V. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa *natural frequency engine mounting* berkisar antara 37,40 Hz hingga 177,28 Hz, dengan *displacement maximum* mencapai 0,562 pada modus 8. Temuan ini menegaskan pentingnya memilih frekuensi kerja mesin agar tidak berdekatan dengan *natural frequency engine mounting*. Selain itu, respon dinamis yang ditunjukkan oleh *displacement maximum* menunjukkan perlunya perancangan yang cermat untuk mengurangi dampak *vibrasi* pada kinerja mesin. Penelitian lebih lanjut sebaiknya fokus pada pengembangan material dan desain yang dapat

meminimalkan *displacement maximum* serta meningkatkan stabilitas struktur *engine mounting*.

VI. REFERENSI

Ari, L., Wibawa, N., Uji, B., Antariksa, P., & Nasional, I. (2022). *Analisis Frekuensi Natural Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Ansys Workbench*. *5*(1), 65–73.

Fries, R. H. (2000). Fundamentals of vibrations. In *Handbook of Machinery Dynamics*. https://doi.org/10.1115/1.1421112

Ganesan, v. (2012). IC Engines Fourth Edition. In *Tata McGraw Hill Education Private Limited. New Delhi.* (Vol. 1).

Inman, D. J. (2007). *Engineering Vibration (3rd Edition)*. http://www.amazon.com/Engineering-Vibration-3rd-Daniel-Inman/dp/0132281732

Lawson, M. V. (2020). Introduction to finite automata. In *Finite Automata*. https://doi.org/10.1201/9781482285840-6

Rao, S. S. (2007). Vibration of Continuous Systems. In *Vibration of Continuous Systems*. https://doi.org/10.1002/9780470117866

Rao, S. S. (2017). *Mechanical Vibrations in SI Units*. 1152. https://www.pearson.ch/HigherEducation/Pearson/EAN/9781292178608/Mechanical-Vibrations-in-SI-Units

Roy R. Craig Jr, A. J. K. (2006). Fundamentals of Structural Dynamics. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(1), 1–14. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_Sistem_Pembetungan_Terpusat_Strategi_Melestari

S. Graham Kelly, T. U. of A. (2012). *Mechanical Vibrations Theory And Applications*.

Sharpe, W. F., Alexander, G. J., & Bailey, J. V. (2011). *Fifth edition Инвестиции*.

Siemens, G. A. S., & Tingkat, V. E. (2020). *Simulasi Getaran Berbasis Metode Elemen Hingga Menggunakan Software Ansys Untuk Mengidentifikasi Kondisi Komponen Utama Turbin Pembangkit Listrik*. *2*, 27–35.

Son, L., & Afandi, R. (2018). *METAL : Jurnal Sistem Mekanik dan Termal Analisis Frekuensi Pribadi Dan Modus Getar Struktur Pesawat Tanpa Awak Tipe Flying Wings*. *02*, 36–42.