

RANCANG BANGUN BRACKET MOTOR STARTER PADA MESIN DIESEL JETMAN R175D

M Anggie Mulyo P¹⁾, Adhes Gamayel¹⁾, M. Zaendin^{1)*}, YKP Saleh¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik & Ilm Komputer, Universitas Global Jakarta
Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Jawa Barat, Indonesia

*email korespondensi: mzaenudin@jgu.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Received:
16/08/24

Received in revised:
20/09/24

Accepted:
01/10/24

Online-Published:
31/10/24

© 2024 The Authors. Published by
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan
(Indexed in SINTA)

doi:
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14242104>

ABSTRAK

Sistem starter adalah komponen yang berfungsi untuk menghidupkan atau menjalankan sebuah mesin. Sistem starter pada mesin satu silinder umumnya berupa starter konvensional, dimana masih dilakukan secara manual oleh seorang operator. Kegiatan modifikasi berupa penambahan sistem starter elektrik telah dilakukan pada studi ini. Fokus studi dilakukan pada desain bracket sistem starter elektrik. Bracket adalah komponen plat penyangga yang digunakan sebagai dudukan untuk sistem motor starter. Pada rancang bangun ini didesain 3 jenis model bracket (Model 1, 2, 3) motor starter dengan pengujian simulasi dan uji getar pada tiap model bracket. Pengujian simulasi dengan metode elemen hingga untuk mengetahui nilai lendutan (deformasi) dan titik leleh (equivalent stress) pada material yang digunakan. Pengujian getar dilakukan untuk mendapatkan hasil rancangan mampu menahan getaran yang terjadi pada mesin satu silinder. Berdasarkan hasil simulasi, model bracket (Model 1) dengan nilai maksimum total deformasi sebesar 0,00012047 mm dengan pembebanan sebesar 6,055 kg, sedangkan hasil dari equivalent stress nilai maksimal mencapai 0,26726 MPa. Model 1 juga memperlihatkan kemampuan dalam menahan getaran paling kecil dibandingkan dua model lainnya.

Kata Kunci : bracket, motor starter, metode elemen hingga, getaran mekanis

ABSTRACT

The starter system is a component that serves to start or run an engine. Usually, the starter system on the single-cylinder engine is a conventional starter, which is still done manually by an operator. Modification activities in the form of adding an electric starter system have been carried out in this study. The focus of the study was carried out on the design of the brackets of the electric starter system. Bracket is a support plate component used as a stand for the starter motor system. In this design, 3 types of bracket models (model 1;2;3) starter motors are designed with simulation testing and vibration tests on each bracket model. Simulation testing with the finite element method to determine the deflection value (deformation) and fatigue (equivalent stress) in the material used. Vibrating testing is carried out to obtain design results that are able to withstand vibrations that occur in single-cylinder engines. Based on the simulation results, the bracket model (1) with a maximum value of total deformation of 0.00012047 mm with a load of 6.055 kg, while the result of equivalent stress the maximum value reached 0.26726 MPa. The model 1 also shows the ability to withstand the least vibration compared to the other two models.

Keywords : bracket, starter motor, finite element method, mechanical vibration

1. PENDAHULUAN

Mesin diesel merupakan jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang menggunakan penyalaan kompresi udara pada tekanan tinggi [1]. Proses pembakaran terjadi di dalam ruang bakar, di mana udara murni dimampatkan (*compressed*) hingga mencapai tekanan dan suhu yang sangat tinggi, memungkinkan terjadinya pembakaran tanpa memerlukan pemicu eksternal. Untuk menghidupkan mesin diesel, diperlukan tenaga awal yang disediakan oleh sistem starter [2]. Starter berfungsi sebagai alat pemicu awal yang mengubah energi listrik dari baterai menjadi energi mekanik, yang kemudian digunakan untuk memutar poros engkol hingga mesin menyala. Sistem starter dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu sistem konvensional dan sistem elektrik [3]. Saat ini, sistem motor starter elektrik lebih umum digunakan pada kendaraan pribadi, seperti mobil dan motor, karena menawarkan efisiensi waktu, kemudahan penggunaan, dan tidak memerlukan tenaga fisik manusia untuk menghidupkan mesin [4].

Pada mesin diesel satu silinder, sistem starter yang umumnya digunakan adalah tipe konvensional dengan engkol. Mesin diesel satu silinder sering kali digunakan untuk aplikasi mobilisasi, seperti penggerak alat pertanian dan generator set [5,6]. Proses penyalaan mesin diesel ini memerlukan tenaga yang cukup besar, terutama saat memutar engkol starter, sehingga tidak semua orang mampu menghidupkan mesin tersebut. Oleh karena itu, penerapan sistem starter elektrik pada mesin diesel satu silinder ini dapat menjadi solusi untuk mempermudah proses penyalaan motor.

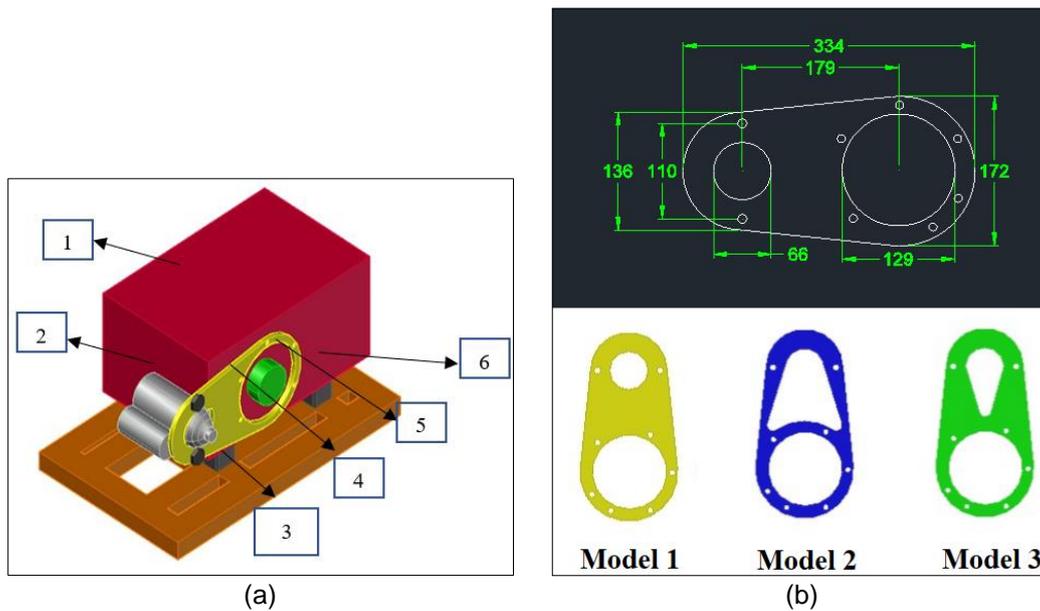
Beberapa peneliti telah melakukan perubahan sistem starter konvensional menjadi sistem starter elektrik. Pada tahun 2020, Syarifuddin dkk. [7] meneliti transformasi starter elektrik konvensional pada motor diesel nelayan menjadi starter elektrik untuk mempermudah proses penyalaan. Selanjutnya, Rimartin dkk. [8] pada tahun 2019 memodifikasi sistem starter konvensional yang menggunakan engkol tangan pada traktor menjadi sistem starter elektrik untuk menghemat energi, biaya, dan waktu. Pada tahun 2021, Atthabiqi [9] melakukan modifikasi serupa dengan mengubah sistem starter pada mesin penggiling dan penepung kopi kering, bertujuan memudahkan petani dalam proses pengolahan kopi.

Untuk mengonversi sistem starter konvensional pada mesin diesel satu silinder menjadi sistem starter elektrik, diperlukan penyangga atau *bracket* yang tepat untuk menopang dinamo pada posisi yang optimal. Penempatan dinamo pada posisi yang tepat sangat penting agar mesin diesel dapat dinyalakan dengan baik. Selain itu, kekuatan dan ketahanan *bracket* juga menjadi faktor krusial yang harus dipertimbangkan. Oleh karena itu, diperlukan pengukuran, analisis, dan pertimbangan yang cermat untuk menentukan bentuk dan ukuran *bracket* yang optimal. Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mensimulasikan kekuatan *bracket* adalah *Ansys Workbench*. *Ansys Workbench* merupakan perangkat lunak berbasis *Finite Element Method* yang menyediakan solusi numerik melalui simulasi visual [10-12]. Program ini menawarkan berbagai sistem analisis, termasuk analisis struktural statis dan *transient*. Analisis struktural pada *Ansys Workbench* memiliki banyak aplikasi, salah satunya adalah untuk mengidentifikasi titik deformasi dan titik kelelahan pada benda kerja.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengembangan *bracket* sebagai penyangga dinamo untuk mengonversi Mesin Diesel Jetman R175D dari sistem starter konvensional menjadi sistem starter elektrik. *Bracket* tersebut kemudian diuji kekuatan dan ketahanannya melalui uji getaran menggunakan sensor piezoelektrik. Selain itu, simulasi menggunakan *Ansys Workbench* juga dilakukan untuk memvalidasi hasil uji getaran dan memastikan keandalan *bracket* dalam kondisi operasional yang sebenarnya. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa *bracket* yang dikembangkan mampu menahan beban dan getaran yang dihasilkan selama penggunaan, sehingga dapat berfungsi secara efektif dalam konversi sistem starter pada mesin diesel.

2. BAHAN DAN METODA

Dalam penelitian ini, dilakukan dua tahap kegiatan utama, yaitu perancangan dan pengujian. Pada tahap perancangan, tiga desain model *bracket* dikembangkan dan diberi nama Model 1, Model 2, dan Model 3, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Masing-masing model dirancang dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kekuatan material, kestabilan struktur, dan kompatibilitas dengan sistem starter elektrik. Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan pengujian pada setiap model, dengan fokus utama pada respons terhadap getaran mekanis yang terjadi selama pengoperasian sistem starter elektrik. Selain itu, pengujian juga melibatkan analisis kekuatan struktural dan ketahanan material untuk memastikan bahwa setiap model dapat berfungsi secara optimal dalam kondisi operasional yang beragam [13]. Hasil dari pengujian ini akan digunakan untuk menentukan model *bracket* yang paling efisien dan andal untuk aplikasi pada Mesin Diesel Jetman R175D [14]. Rancangan sebagaimana pada Gambar 1 merupakan bagian dari mesin uji torsi berbasis *eddy current* yang dirancang sedemikian rupa dengan tujuan untuk memberikan alternatif pengujian torsi skala kecil berbasis laboratorium [14,15].



Gambar 1. Rancangan desain bracket (a) bagian-bagian komponen sekitar braket dan (b) desain model bracket.

Keterangan komponen pada Gambar 1(a):

1. *Engine diesel*
2. *Motor starter*
3. *Frame engine diesel*
4. *Bracket / penopang motor starter*
5. *As crankshaft*
6. *Engine mounting*

Rancangan *bracket* ini dibuat menggunakan piranti lunak AutoCAD 2022 versi *student*, yang kemudian diimpor ke dalam *software* Ansys R22 versi *student* untuk disimulasikan dan dihitung nilai deformasi serta *equivalent stress* [16]. Proses simulasi ini bertujuan untuk menemukan desain *bracket* dengan nilai deformasi dan *equivalent stress* terendah di antara ketiga model yang telah dirancang. Dalam simulasi, gaya-gaya yang diterapkan disesuaikan dengan kondisi operasional yang sebenarnya. Pada kondisi tersebut, motor starter bertumpu pada sisi kiri *bracket*, yang diperkuat dengan dua baut, sedangkan sisi kanan *bracket* ditopang oleh enam baut untuk memastikan kestabilan keseluruhan sistem. Pemilihan titik tumpu ini didasarkan pada analisis distribusi beban yang terjadi selama pengoperasian, dengan tujuan mengoptimalkan distribusi tekanan dan mencegah keausan yang berlebihan pada komponen *bracket*. Posisi motor starter dan *flywheel* dalam konfigurasi ini ditunjukkan pada Gambar 2, yang memperlihatkan tampak atas pemasangan *bracket* pada mesin diesel Jetman R175D. Pada simulasi ini, diharapkan dapat diperoleh desain *bracket* yang tidak hanya kuat dan tahan lama, tetapi juga mampu mengurangi getaran yang ditransmisikan ke motor starter, sehingga meningkatkan efisiensi dan umur operasional sistem secara keseluruhan.



Gambar 2. Posisi tampak atas bracket.

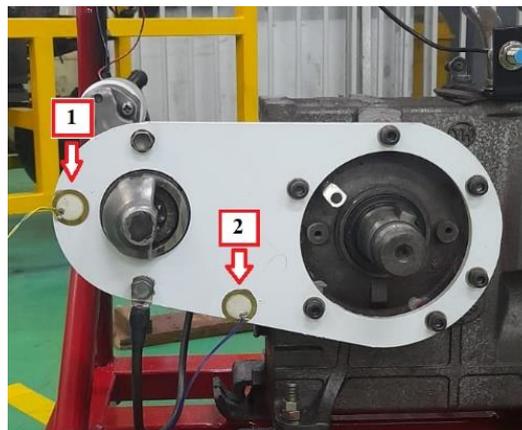
Setelah hasil simulasi diperoleh, ketiga model *bracket* direalisasikan dalam bentuk fisik sesuai dengan dimensi yang telah dirancang. *Bracket* yang telah dibuat tersebut kemudian dipasang pada Mesin Diesel

Jetman R175D dan dilengkapi dengan sensor piezoelektrik untuk mengukur getaran. Pengujian getaran dilakukan dengan variasi kecepatan mesin, yaitu 1000 rpm, 1500 rpm, dan 2000 rpm. Hasil pengukuran dari sensor piezoelektrik dinyatakan dalam bentuk voltase, di mana besarnya voltase diinterpretasikan sebagai ukuran intensitas getaran. Interpretasi ini didasarkan pada hubungan matematis yang dinyatakan dalam persamaan (1) dan (2).

$$z(t) = A \sin(\omega_n \cdot t) \tag{1}$$

$$V(t) = V_{max} \sin(\omega_n t + \varphi) \tag{2}$$

Adapun tujuan dari uji getar ini adalah untuk mengevaluasi ketahanan *bracket* terhadap getaran yang dihasilkan oleh mesin diesel. *Bracket* yang dipilih harus mampu menahan getaran pada berbagai kecepatan operasional mesin diesel. Detail pemasangan *bracket* dan sensor piezoelektrik pada mesin diesel Jetman R175D dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemasangan piezoelektrik pada *bracket* untuk uji getar yang ditandai dengan nomor (1) dan (2).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

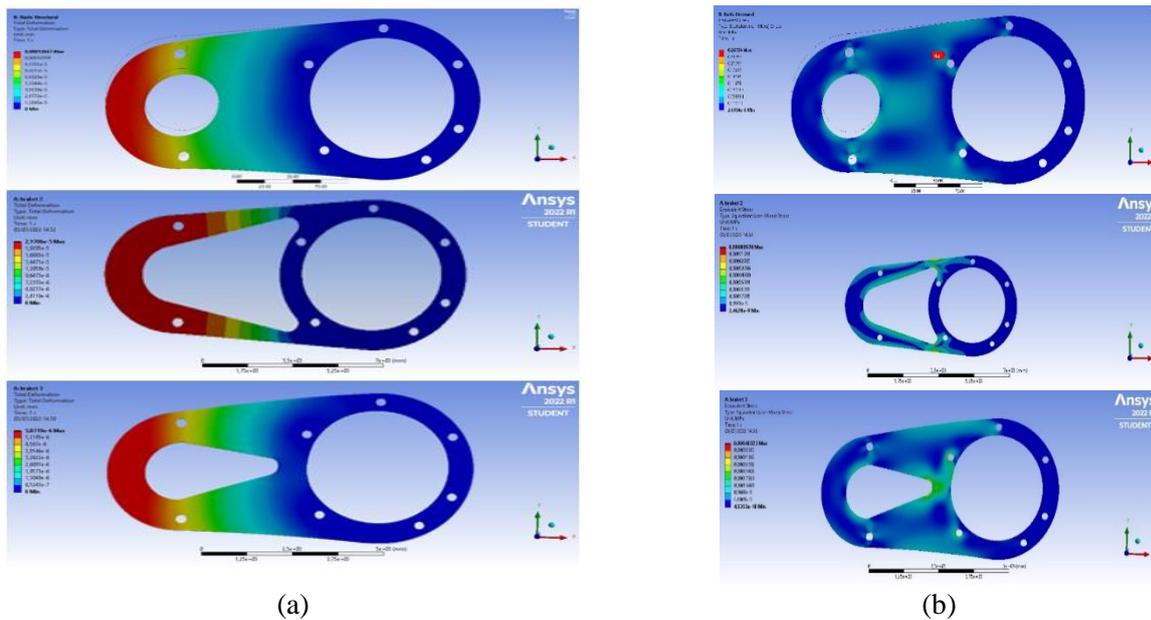
Hasil simulasi disajikan dalam Tabel 1, yang menunjukkan bahwa Model 1 memiliki nilai deformasi terendah di antara ketiga model. *Bracket* Model 1 dirancang dengan lubang hanya pada sisi kiri dan kanan, sementara bagian tengahnya padat. Konfigurasi ini memungkinkan Model 1 untuk menahan beban yang diterima dari motor starter secara lebih efektif. Temuan ini menunjukkan bahwa Model 1 lebih optimal dan aman digunakan sebagai *bracket* untuk motor starter dibandingkan dengan Model 2 dan Model 3.

Hasil simulasi yang ditampilkan dalam Tabel 1 dijelaskan lebih lanjut melalui Gambar 4(a), yang menggambarkan daerah-daerah yang mengalami deformasi. Secara umum, deformasi terlihat pada sisi kiri *bracket*, yang disebabkan oleh penahan motor starter yang terletak di sebelah kiri. Model 1 menunjukkan deformasi yang paling minimal karena desainnya yang padat di bagian tengah, yang berfungsi menghubungkan dan memperkuat bagian kanan dan kiri, sehingga lebih efektif dalam menahan beban pada sisi kiri. Sebaliknya, Model 2 dan Model 3 mengalami deformasi lebih besar karena bagian tengah yang berlubang, yang mengurangi kemampuan mereka untuk menahan beban pada sisi kiri. Gambar 4(a) menunjukkan bahwa area deformasi terbesar terletak pada Model 2, yang kemungkinan disebabkan oleh ukuran lubang yang lebih besar di bagian tengah dibandingkan dengan Model 3.

Gambar 4(b) menyajikan hasil simulasi dari tegangan ekuivalen untuk ketiga model *bracket*. Berdasarkan hasil simulasi, area dengan nilai tegangan tertinggi ditandai dengan warna hijau kekuningan. Secara umum, warna biru mendominasi hasil simulasi, menandakan bahwa sebagian besar area desain mengalami tegangan yang jauh di bawah batas tegangan luluh. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada ketiga model *bracket* masih berada dalam batas aman dan tidak melebihi kapasitas material yang diizinkan, sebagaimana disampaikan pada referensi [17].

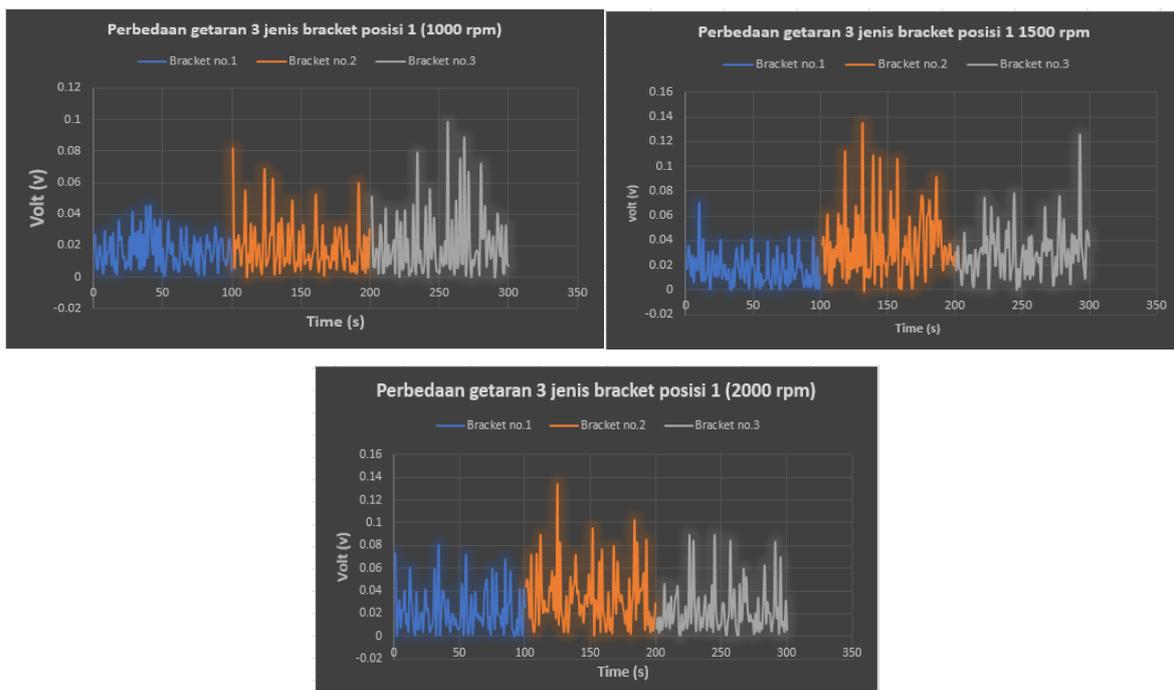
Tabel 1. Total deformation dan equivalent stress.

Jenis Model	Bobot pembebanan (Kg)	Max.total Deformasi (mm)	Max. equivalent stress (MPa)
Model 1	6,055	0,00012047	0,26726
Model 2	5,760	2,1706	0,00080978
Model 3	6,035	5,8719	0,00040323

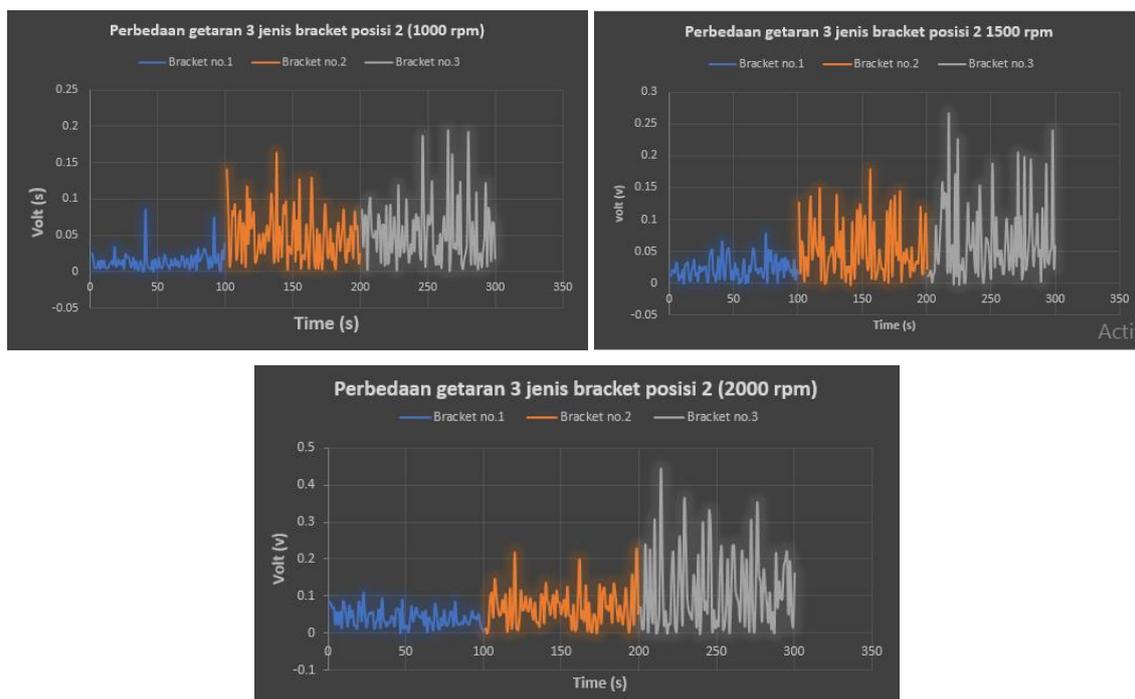


Gambar 4. Hasil simulasi (a) *total deformation* dan (b) *equivalent stress* dengan perbedaan warna pada tingkat deformasinya.

Pada Gambar 5, getaran diwakili oleh voltase (Volt) yang diukur menggunakan piezoelektrik [18]. Luaran piezoelektrik dalam bentuk voltase ini mencerminkan intensitas getaran, di mana peningkatan voltase menunjukkan peningkatan getaran. Berdasarkan Gambar 6, voltase yang lebih tinggi menunjukkan getaran yang lebih intens. Model 1 menunjukkan tingkat getaran terendah pada semua kecepatan uji yang divariasikan. Hal ini disebabkan oleh desain Model 1 yang memiliki pelat utuh di bagian tengah, memungkinkan distribusi getaran dari sisi kiri ke bagian tengah secara merata. Sebaliknya, desain Model 2 dan Model 3, yang memiliki lubang di bagian tengah, mengalami konsentrasi getaran di area berlubang tersebut. Akibatnya, getaran yang terjadi pada area dengan luas kecil menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan Model 1. Pengukuran getaran pada posisi dua, seperti yang ditampilkan dalam grafik pada Gambar 5, dilakukan di tengah *bracket*, di mana setiap model memiliki bentuk yang berbeda. Tujuan dari pengukuran di posisi dua adalah untuk memverifikasi potensi getaran yang terjadi di setiap model *bracket*.



Gambar 5. Grafik getaran di setiap model bracket pada posisi 1



Gambar 6. Grafik getaran di setiap model *bracket* pada posisi 2.

Pada Gambar 6, tampak bahwa *bracket* Model 1 menghasilkan nilai voltase yang paling rendah pada setiap variasi kecepatan dibandingkan dengan Model 2 dan Model 3. Voltase yang rendah menunjukkan bahwa getaran pada posisi 2 di *bracket* Model 1 lebih kecil dibandingkan dengan kedua model lainnya. Sebaliknya, Model 3 menunjukkan nilai voltase maksimum sebesar 0,45 V, yang kemungkinan bahwa Model 3 mengalami getaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan Model 1 dan Model 2. Hal ini disebabkan oleh desain Model 3 yang memiliki area lubang penyempitan di bagian tengah, yang menyebabkan getaran terkonsentrasi di area tersebut. Dengan demikian, hal ini mengindikasikan bahwa Model 1 memiliki kinerja yang lebih baik dalam aspek uji getaran, sebagaimana yang terjadi pada pengujian struktural, yaitu diindikasikan pada nilai tegangan ekuivalen dan deformasi total.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan perakitan konstruksi mesin uji diesel Jetman R175D, dapat disimpulkan bahwa penopang mesin yang dirancang dan dibangun melalui tiga model, yaitu Model 1, Model 2, dan Model 3, menunjukkan performa yang bervariasi pada hasil simulasi. Analisis penopang menggunakan perangkat lunak *Ansys Workbench* (versi *Student*) melalui simulasi total deformasi dan tegangan ekuivalen memberikan hasil sebagai berikut: penopang Model 1 menunjukkan total deformasi terendah sebesar 0,00012047 mm, yang mengindikasikan ketahanan yang lebih baik terhadap perubahan bentuk di bawah beban. Selain itu, Model 1 juga memiliki tegangan ekuivalen tertinggi sebesar 0,26726 MPa, yang menunjukkan bahwa meskipun deformasi rendah, tegangan internal yang dialami oleh penopang ini berada pada nilai maksimum yang dinilai masih ada pada aman. Hasil pengujian secara langsung menunjukkan bahwa Model 1 juga memberikan performa terbaik dalam hal meredam getaran. Pada posisi sensor pertama, getaran terendah dicatat sebesar 0,1 V pada kecepatan putaran 2000 rpm, sementara pada posisi sensor kedua, getaran terendah yang dihasilkan oleh Model 1 adalah sebesar 0,08 V pada kecepatan putaran yang sama. Keseluruhan hasil ini memperlihatkan bahwa Model 1 merupakan desain penopang yang paling optimal dalam hal kekuatan struktural dan ketahanan terhadap getaran dibandingkan dengan Model 2 dan Model 3.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Global Jakarta atas dukungannya selama menyelesaikan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Mollenhauer & H. Tschöke. (Eds.). (2010). *Handbook of diesel engines* (Vol. 1). Berlin: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-89083-6>
- [2] R. H. Bacon (1976). Starting Systems. *Electricity in Cars*, 85-95. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-349-03176-4>
- [3] Y. Shi, J. Dong, Q. Li, & Q. Zheng. (2022). Design of starting motor test-bed for vehicle. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2383, No. 1, p. 012025). IOP Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2383/1/012025>
- [4] A. Roberts, R. Brooks, & P. Shipway. (2014). Internal combustion engine cold-start efficiency: A review of the problem, causes and potential solutions. *Energy conversion and management*, 82, 327-350. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.03.002>
- [5] S. Djasba, L. Lahming, & J. Jamaluddin. (2018). Modifikasi Peredam Suara (Knalpot) Mesin Diesel Traktor Ramah Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 4, S48-S58. <http://eprints.unm.ac.id/id/eprint/17621>
- [6] B. W. Bahtiar, R. Wahyudi, C. Wicara, & A. Riyanto. (2023). Restorasi Diesel Traktor Untuk Membantu Pertanian Padi di Wilayah Kebumen. *JURPIKAT (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 4(1), 22-30. <https://doi.org/10.37339/jurpikat.v4i1.1126>
- [7] A. Syarifuddin, I. W. Novianti, A. Maulidi, & E. Arianti. (2020). Desain Electric Starting System untuk Kapal Slerek di Kawasan Camplong Kabupaten Sampang Pulau Madura. *Jurnal Inovtek Polbeng*, 10(1), 469222. <https://doi.org/10.35314/jp.v10i1.1351>
- [8] G. A. Rimartin, B. Purwantana, & R. Radi. (2020). Rancangbangun Starter Elektrik Portabel untuk Mesin Traktor Tangan. *agriTECH*, 40(1), 48-56. <https://doi.org/10.22146/agritech.46829>
- [9] M. Atthabiqi. (2021). *Sistem Electric Starting Pada Mesin Penggiling Dan Penepung Kopi Kering* (Doctoral dissertation, DIII Teknik mesin Politeknik Harapan Bersama).
- [10] K. H. Huebner, D. L. Dewhirst, D. E. Smith, & T. G. Byrom. (2001). *The finite element method for engineers*. John Wiley & Sons.
- [11] X. Chen, & Y. Liu. (2018). *Finite element modeling and simulation with ANSYS Workbench*. CRC press. doi: <https://doi.org/10.1201/9781351045872>
- [12] M. Rizki, A. Gamayel, & M. Zaenudin. (2024). Simulation on the influence of the shape of the carabiner as a hanging accessory on stress distribution using Autodesk Fusion 360. *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin*, 5(1), 33-40. <https://doi.org/10.37373/jttm.v5i1.779>
- [13] A. Gamayel, M. N. Ikhsannudin, & M. Zaenudin. (2024). Desain dan Analisa Velg Mobil 15 Inch Tipe Aluminium Alloy 6061 Melalui Simulasi Pengujian Dynamic Cornering Fatigue Sesuai Standar SAE J 328. *Machine: Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 6-13. doi: <https://doi.org/10.33019/jm.v10i1.3867>
- [14] A. Herakarsono, A. Gamayel, & M. Zaenudin. (2024). Rancang bangun rangka alat uji torsi sederhana berbasis eddy current menggunakan roller conveyor. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 19(1), 42-46. <https://doi.org/10.36289/jtmi.v19i1.540>
- [15] R. D. Prasetyo, A. Gamayel, & M. Zaenudin. (2024). Design an Eddy Current Dynamometer with 0.85 mm Copper Wire and 560 Core Coil Windings. *Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials And Energy*, 8(1), 30-40. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v8i1.8081>
- [16] Dill, E. H. (2012). *The finite element method for mechanics of solids with ANSYS applications* (Vol. 6000). New York: CRC press. doi: <https://doi.org/10.1201/b11455>
- [17] F. A. Budiman, A. Septiyanto, S. Sudiyono, A. D. N. I. Musyono, & R. Setiadi. (2021). Analisis Tegangan von Mises dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Tipe In-Wheel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 100-108. doi: <http://dx.doi.org/10.32497/jrm.v16i1.1997>
- [18] B. Yaghootkar, S. Azimi, & B. Bahreyni. (2017). A high-performance piezoelectric vibration sensor. *IEEE Sensors Journal*, 17(13), 4005-4012. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2707063>