Jurnal Mema (Jurnal Mesin dan Manufaktur)
Vol. 3., No. 2, Oktober 2026, pp. 54-59

P-ISSN: 3064-5980, E-ISSN: 3064-6464
https://memajournal.indiepress.id/index.php/mema/index

Optimasi Desain dan Material Rocker Arm Menggunakan Aluminium Alloy 7075-T6 Dengan FEA

Fio Izzafur Rahman [a,1,*], Bayu Asta Tarrosa [b,2],
[1] fio.izzafur.rahman.tm22@mhsw.pnj.ac.id * ; [2] bayu.asta.tarrosa.tm22@mhsw.pnj.ac.id
[ab] Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kukusan, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat. Depok dan 16425, Indonesi

* Penulis Korespondensi

Diterima 02 Oktober 2026; Direvisi 08 Oktober 2026; Diterima 13 Oktober 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain dan material rocker arm pada mesin pembakaran dalam dengan pendekatan reverse engineering dan simulasi elemen hingga (FEA). Rocker arm merupakan komponen penting yang mengalami beban siklik tinggi dan membutuhkan kekuatan serta ketahanan aus yang optimal. Dalam studi ini, material aluminium alloy 7075-T6 dipilih sebagai alternatif dari baja konvensional karena memiliki kekuatan tinggi dan densitas rendah, sehingga dapat mengurangi bobot komponen tanpa mengurangi kekuatan strukturalnya. Proses desain ulang dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks, kemudian dianalisis melalui simulasi pembebanan statis. Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum sebesar 140,88 MPa, jauh di bawah tegangan luluh material (505 MPa), serta nilai faktor keamanan minimum sebesar 3,58. Distribusi tegangan yang merata dan peningkatan nilai FoS menunjukkan bahwa desain hasil modifikasi memiliki kinerja struktural yang baik dan layak digunakan dalam aplikasi dinamis. Studi ini menunjukkan bahwa penggunaan aluminium 7075-T6 serta modifikasi desain seperti penambahan roller tip dan pengurangan massa secara strategis dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan rocker arm.

KATA KUNCI
Reverse Engineering;
Aluminium 7075-T6;
Rocker Arm;
FEA;
Optimasi Desain

ABSTRACT

This study aims to optimize the design and material selection of an internal combustion engine rocker arm through a reverse engineering approach and finite element analysis (FEA). The rocker arm is a crucial component subjected to high cyclic loads and requires optimal strength and wear resistance. In this research, aluminium alloy 7075-T6 is selected as an alternative to conventional steel due to its high strength and low density, allowing for weight reduction without compromising structural integrity. The redesigned model was created using SolidWorks software and analyzed under static loading simulations. The results revealed a maximum stress of 140.88 MPa, significantly below the material's yield strength (505 MPa), with a minimum safety factor of 3.58. The even stress distribution and improved safety factor indicate that the modified design demonstrates good structural performance and is suitable for dynamic applications. This study concludes that employing aluminium 7075-T6 and incorporating design modifications such as roller tip addition and strategic weight reduction can enhance the rocker arm's efficiency and reliability

KEYWORD
Reverse Engineering;
Rocker Arm;
Aluminium 7075-T6;
FEA;
Design Optimization

This is an open-access article under the CC–BY-SA license

1. Pendahuluan

Dalam dunia otomotif, khususnya pada mesin pembakaran dalam, rocker arm adalah salah satu komponen penting yang berfungsi mengatur buka-tutup katup mesin melalui gerakan dari camshaft. Karena terus bergerak dalam kecepatan tinggi dan menanggung beban besar, rocker arm harus dibuat dari material yang kuat, tahan terhadap gesekan, serta mampu bekerja pada suhu yang tinggi[1]. untuk menentukan desain yang optimal,dan algoritma genetika multi-objektif digunakan untuk mengoptimalkan posisi[2]. Selain itu, tuntutan zaman mengarah pada komponen mesin yang lebih ringan dan efisien agar performa kendaraan meningkat dan konsumsi bahan bakar lebih hemat.

P-ISSN: 3064-5980, E-ISSN: 3064-6464
https://memajournal.indiepress.id/index.php/mema/index

Salah satu material yang saat ini sedang dipertimbangkan sebagai alternatif dari baja konvensional adalah aluminium paduan 7075-T6. Material ini dikenal karena kekuatannya yang cukup tinggi, tapi memiliki bobot jauh lebih ringan dibandingkan baja. Penggunaan aluminium 7075-T6 pada rocker arm diharapkan dapat mengurangi beban pada komponen yang bergerak, sehingga respon mesin menjadi lebih cepat. Selain itu, aluminium jenis ini juga memiliki ketahanan korosi yang baik, dan jika dilapisi dengan pelindung permukaan seperti hard anodizing atau lapisan DLC (diamond-like carbon), daya tahannya bisa semakin meningkat[3]. kondisi lingkungan dalam aplikasi aluminium 7075-T6 untuk memastikan umur pakai yang optimal[4]. Meskipun begitu, pemilihan material ini masih bersifat awal dan akan dibandingkan dengan material lain melalui simulasi untuk memastikan pilihan terbaik.

Dari sisi bentuk, dilakukan juga beberapa perubahan desain agar kerja rocker arm lebih efisien. Salah satunya adalah menambahkan roller tip di ujung rocker arm untuk mengurangi gesekan dengan katup[5]. Lalu, ditambahkan lubang-lubang kecil di beberapa bagian untuk mengurangi bobot tanpa mengganggu kekuatannya. Perubahan radius di bagian tertentu juga dilakukan agar gesekan saat bergerak bisa berkurang.

Melalui penelitian ini berusaha memahami lebih dalam tentang desain dan material rocker arm yang ada sekarang, lalu mengembangkan versi yang lebih ringan, lebih kuat, dan lebih tahan lama. Dengan bantuan simulasi, penelitian ini akan membantu menentukan material dan desain terbaik untuk digunakan dalam produksi massal dengan biaya yang tetap terjangkau.

2. Tinjauan Pustaka

Rocker arm merupakan komponen penting dalam sistem mekanisme katup yang mengalami beban siklik tinggi dan rawan mengalami kegagalan akibat konsentrasi tegangan. Analisis kegagalan rocker arm menggunakan metode elemen hingga (FEM) dengan ANSYS, dan menemukan bahwa tegangan maksimum terjadi pada lubang dan leher rocker arm, yang menjadi titik awal retakan[6].

Material aluminium alloy 7075-T6 mulai banyak dipilih untuk menggantikan baja karena memiliki kekuatan tinggi (UTS hingga 572 MPa) dan densitas rendah, sehingga mampu menurunkan berat komponen tanpa mengorbankan kekuatan struktural. Penggunaan pendekatan reverse engineering yang dikombinasikan dengan simulasi FEA telah terbukti efektif dalam memodifikasi desain komponen lama menjadi lebih ringan dan efisien secara struktural[7].

Penelitian ini mengambil pendekatan serupa dengan memanfaatkan software SolidWorks untuk memodelkan ulang rocker arm dan menganalisis respons struktur terhadap pembebanan, guna menghasilkan desain yang optimal dari segi kekuatan dan bobot.

3. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis elemen hingga (Finite Element Analysis/FEA) menggunakan perangkat lunak SolidWorks Simulation untuk mengevaluasi tegangan Von Mises dan faktor keamanan (safety factor) pada desain rocker arm hasil rekayasa balik. Model 3D rocker arm dibangun berdasarkan dimensi aktual dari komponen asli. Simulasi dilakukan dengan memberikan pembebanan statis dan kondisi batas yang menyerupai kondisi kerja aktual di dalam mesin. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengetahui distribusi tegangan maksimum berdasarkan kriteria Von Mises serta mengevaluasi nilai faktor keamanan terhadap material yang digunakan. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam mengevaluasi kelayakan struktur desain dan pemilihan material yang optimal untuk mendukung kinerja rocker arm.

3.1. Pemodelan Kontruksi

Rocker arm dimodelkan ulang menggunakan SolidWorks berdasarkan hasil pengukuran fisik komponen asli. Material yang digunakan adalah Aluminium Alloy 7075-T6, yang memiliki densitas 2,81 g/cm³, tegangan tarik maksimum 572 MPa, tegangan luluh 503 MPa, dan modulus elastisitas 71,7 GPa. Material ini dipilih karena ringan namun kuat, serta memiliki stabilitas termal yang baik dengan koefisien muai 23,4 μm/m·°C. Model 3D ini digunakan sebagai dasar simulasi FEA, dengan mesh berukuran 1–2 mm untuk menjaga akurasi hasil.

P-ISSN: 3064-5980, E-ISSN: 3064-6464
https://memajournal.indiepress.id/index.php/mema/index

Physical Properties

Property	7075-O	7075-T6, -T651	7075-T73, -T7351
Density	2.81 g/cc | 0.102 lb/in³	2.81 g/cc | 0.102 lb/in³	2.81 g/cc | 0.102 lb/in³

Mechanical Properties

Property	7075-O	7075-T6, -T651	7075-T73, -T7351
Tensile Strength	228 MPa | 33000 psi	572 MPa | 83000 psi	505 MPa| 73200 psi
Yield Strength	103 MPa | 15000 psi	503 MPa | 73000 psi	435 MPa | 63100 psi
Modulus of Elasticity	71.7 GPa | 10400 ksi	71.7 GPa | 10400 ksi	72.0 GPa | 10400 ksi

Thermal Properties

Property	7075-O	7075-T6, -T651	7075-T73, -T7351
Coefficient of Thermal Expansion @ 20.0 - 100 °C Temp	23.4 µm/m-°C | 13.0 µin/in-°F	23.4 µm/m-°C | 13.0 µin/in-°F	23.4 µm/m-°C | 13.0 µin/in-°F
Thermal Conductivity	173 W/m-K | 1200 BTU-in/hr-ft²-°F	0.960 J/g-°C | 0.229 BTU/lb-°F	155 W/m-K | 1080 BTU-in/hr-ft²-°F

Gambar 1. Spesifikasi Alumunium Alloy 7075-T6[8]

3.2. Simulasi

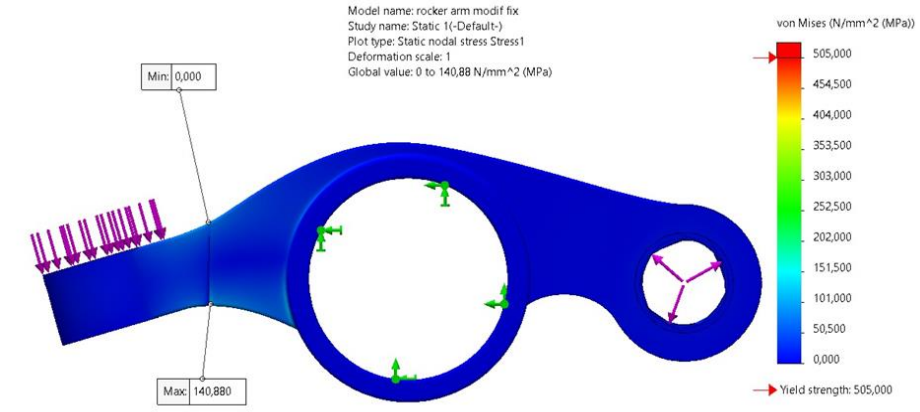
Simulasi dilakukan menggunakan modul Static Analysis pada perangkat lunak SolidWorks Simulation untuk menganalisis respons struktural rocker arm berbahan Aluminium Alloy 7075-T6 terhadap pembebanan statis. Gaya sebesar 2446.52 N diaplikasikan pada permukaan kontak rocker arm, mewakili beban maksimum yang diterima selama siklus pembakaran mesin. Kondisi batas berupa fixed support diterapkan pada lubang tumpuan sebagai titik tumpu utama[6].

Model dimodelkan dalam bentuk 3D dan dikenai pembebanan linier statis. Meshing dilakukan dengan elemen tetrahedral berukuran 1–2 mm untuk mencapai hasil simulasi yang akurat dengan waktu komputasi yang efisien. Parameter utama yang dianalisis meliputi tegangan ekuivalen, tegangan utama maksimum (maximum principal stress), tegangan geser maksimum (maximum shear stress), serta deformasi total. Hasil simulasi dari masing-masing parameter divisualisasikan dalam bentuk kontur warna untuk mengidentifikasi distribusi tegangan dan area kritis pada struktur rocker arm.

4. Hasil dan Pembahasan

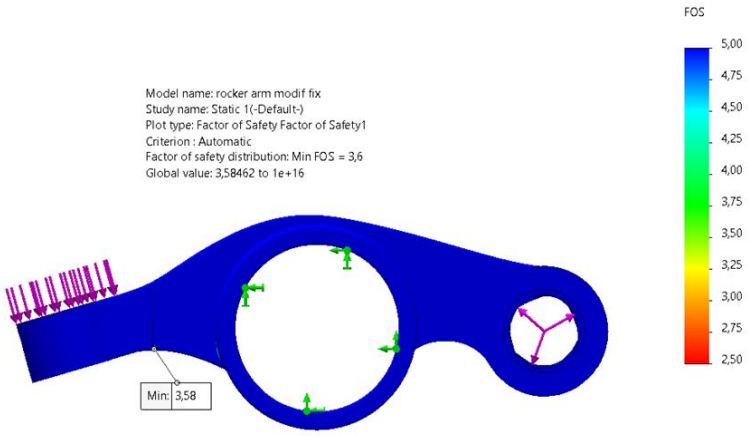
4.1 Hasil

Simulasi analisis elemen hingga (FEA) dilakukan untuk mengevaluasi distribusi tegangan Von Mises dan nilai faktor keamanan (FoS) pada desain rocker arm hasil modifikasi. Model diuji dalam kondisi pembebanan statik menggunakan material aluminium 7075-T6, yang memiliki tegangan luluh sebesar 505 MPa



Gambar 2.Von Misses

P-ISSN: 3064-5980, E-ISSN: 3064-6464
https://memajournal.indiepress.id/index.php/mema/index



Gambar 3. Factor Of Safety

Gambar 1 menunjukkan distribusi tegangan Von Mises pada rocker arm, dengan nilai maksimum sebesar 140,88 MPa, jauh di bawah batas yield strength material. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terjadi deformasi plastis dan struktur tetap berada dalam zona elastis. Untuk memastikan akurasi hasil simulasi setelah modifikasi, dilakukan perhitungan manual tegangan Von Mises. Perbandingan ini bertujuan untuk memvalidasi konsistensi antara simulasi FEA dan pendekatan teoritis berdasarkan data perhitungan sebagai berikut:

Diketahui tegangan normal (σ) dan geser (τ) pada produk awal:

$\sigma_x = 109{,}279\ MPa$

$\sigma_y = 56{,}727\ MPa$

$\sigma_z = 43{,}629\ MPa$

$\tau_{xy} = 59{,}432\ MPa$

$\tau_{yZ} = 38{,}878\ MPa$

$\tau_{zx} = 17{,}058\ MPa$

Perhitungan Von Misses :

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 3(\tau^2{}_{xy} + \tau^2{}_{yz} + \tau^2{}_{zx})^2\right]}$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\begin{matrix}(109{,}279 - 56{,}727)^2 + (56{,}727 - 43{,}629)^2 + (43{,}629 - 109{,}279)^2 + \\ 3(59{,}432^2 + 38{,}878^2 + 17{,}058^2)\end{matrix}\right]}$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[2760{,}97 + 171{,}56 + 4310{,}92 + 3\,(5335{,}21)\right]}$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{3621{,}73 + 16005{,}63}$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{19267{,}36}$$

$$\sigma_{vm} = 140{,}08\ \text{MPa}$$

……(1)

Selanjutnya Pada gambar 2 memperlihatkan hasil simulasi FOS pada rocker arm hasil modifikasi. Nilai FOS minimum meningkat menjadi 3,58, dengan distribusi yang jauh lebih merata. Material yang digunakan

P-ISSN: 3064-5980, E-ISSN: 3064-6464
https://memajournal.indiepress.id/index.php/mema/index

adalah aluminium alloy 7075-T6, dengan yield strength sebesar ±505 MPa. Distribusi tegangan dan FoS yang merata juga mencerminkan bahwa modifikasi geometri dan pemilihan material baru telah berhasil mengurangi konsentrasi tegangan kritis dan meningkatkan ketahanan struktural rocker arm secara keseluruhan. Untuk menilai apakah desain sesudah modifikasi rocker arm memenuhi standar keamanan dalam aplikasi dinamis, dilakukan perhitungan manual terhadap nilai faktor keamanan (Safety Factor). Berdasarkan Simulasi FEA nilai FoS desain sesudah modifikasi ada di angka 3,58 lalu kita hitung dengan perhitungan manual:

$$\text{FoS} = \frac{\sigma yield}{\sigma vm} = \frac{505}{140{,}8} = 3{,}588 \quad \text{.....(2)}$$

4.2 Pembahasan

Evaluasi keandalan struktur pada desain *rocker arm* hasil modifikasi dilakukan melalui simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) dan validasi perhitungan teoritis berbasis kondisi pembebanan statik. Menggunakan material Aluminium Alloy 7075-T6 dengan batas tegangan luluh sebesar 505 MPa, hasil simulasi menunjukkan distribusi tegangan Von Mises maksimum mencapai 140,88 MPa. Nilai tegangan ini berada jauh di bawah batas tegangan luluh material (hanya sekitar 27,9%, yang mengindikasikan bahwa struktur bekerja sepenuhnya dalam zona deformasi elastis tanpa risiko deformasi plastis. Konsistensi hasil simulasi ini juga diperkuat melalui validasi perhitungan manual tegangan Von Mises dari parameter tegangan normal dan geser material.

Hasil evaluasi terhadap *Factor of Safety* (FoS) menunjukkan nilai FoS minimum sebesar 3,58 dengan pola distribusi yang jauh lebih merata di seluruh komponen. Nilai ini tervalidasi secara teoritis dengan membagi batas tegangan luluh material terhadap tegangan maksimum yang terjadi. Pemerataan kontur tegangan dan nilai FoS yang tinggi membuktikan bahwa optimasi geometri serta pemilihan material Aluminium 7075-T6 berhasil mereduksi titik konsentrasi tegangan kritis. Dengan demikian, desain *rocker arm* hasil modifikasi terbukti memiliki ketahanan struktural yang unggul serta memenuhi standar keamanan untuk mengantisipasi beban dinamis pada aplikasi operasional.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil melakukan proses reverse engineering dan optimasi desain rocker arm dengan pendekatan rekayasa berbantuan komputer dan analisis elemen hingga (FEA). Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan material aluminium alloy 7075-T6 serta modifikasi geometri dan penambahan roller tip mampu secara signifikan menurunkan massa komponen tanpa mengorbankan kekuatan strukturalnya. Tegangan maksimum yang terjadi sebesar 140,88 MPa masih jauh di bawah tegangan luluh material (505 MPa), dan nilai faktor keamanan minimum sebesar 3,58, menunjukkan bahwa desain baru aman digunakan dalam kondisi dinamis dan berulang. Distribusi tegangan yang lebih merata juga mengindikasikan keberhasilan modifikasi dalam mengurangi konsentrasi tegangan kritis.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan dilakukan pengujian eksperimental langsung seperti uji tarik, uji kelelahan, atau uji vibrasi untuk memvalidasi hasil simulasi. Selain itu, analisis topologi dan estimasi umur kelelahan dapat ditambahkan guna mengoptimalkan desain dari segi ketahanan jangka panjang dan efisiensi produksi massal.

Daftar Pustaka

[1] G. A. Nassef, A. Elkhatib, and M. Yakout, "Analysis of a failed rocker arm shaft of a passenger car engine," Case Stud Eng Fail Anal, vol. 5–6, pp. 10–14, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.csefa.2016.01.001.

[2] W. Wei, J. Shen, H. Yu, B. Chen, and Y. Wei, "Optimization design of the lower rocker arm of a vertical roller mill based on ansys workbench," Applied Sciences (Switzerland), vol. 11, no. 21, Nov. 2021, doi: 10.3390/app112110408.

[3] J. B. Helonde, M. Somil, M. Shah, S. Koli, and H. Shete, "Failure analysis and optimization of rocker arm Chief Editor Executive Editor IJESRT INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES &

P-ISSN: 3064-5980, E-ISSN: 3064-6464
https://memajournal.indiepress.id/index.php/mema/index

RESEARCH TECHNOLOGY FAILURE ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF ROCKER ARM", doi: 10.5281/zenodo.3828917.

[4] Y. Liu, J. M. C. Mol, and G. C. A. M. Janssen, "Combined Corrosion and Wear of Aluminium Alloy 7075-T6," J Bio Tribocorros, vol. 2, no. 2, Jun. 2016, doi: 10.1007/s40735-016-0042-3.

[5] P. A. N. Mawangi and Andoko, "Analysis of Rocker Arm Failure on Diesel Engines Using Finite Element Method," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Institute of Physics Publishing, Mar. 2019. doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012103.

[6] A. Y. Aswara and Andoko, "Failure Analysis with Material Variations in Rocker Arm using Finite Element Method," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Institute of Physics Publishing, Mar. 2019. doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012043.

[7] R. G. Karmankar, "ANALYSIS OF VON-MISES-STRESS FOR INTERFERENCE FIT AND PULL-OUT STATES BY USING FINITE ELEMENT METHOD," International Research Journal of Engineering and Technology, 2017, [Online]. Available: www.irjet.net

[8] "7075-Aluminum-Alloy-Properties".