

# Analisis Kegagalan Pada Kerangka Sepeda Menggunakan Metode Elemen Hingga

Yelma Dianastiti<sup>1)\*</sup>, Yelma Dianastiti<sup>1)</sup>, Rico Andhika Putra<sup>2)</sup> Sudirman Rizki Arianto<sup>3)</sup>

<sup>1)2)3)</sup>Program Studi Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif, Universitas Bhinneka PGRI, Tulungagung

Naskah diterima 10 08 2023; direvisi 30 09 2023; disetujui 04 12 2023

doi: <https://doi.org/10.24843/JEM.2023.v16.i02.p07>

## Abstrak

Menentukan keputusan untuk memilih bahan pada kerangka sepeda harus penuh perhitungan dan ketelitian pada kekuatan bahan tersebut. Dengan kualitas bahan frame sepeda yang memiliki keuletan tinggi dapat memperpanjang umur pemakaian. Alluminium Alloy 7005-T6 adalah salah satu bahan kerangka sepeda yang digunakan. Bahan AA 7005-T6 memiliki tekstur yang ulet dan memiliki kekurangan yaitu bahan yang cukup berat. Dengan bahan kerangka sepeda yang ulet dapat mengantisipasi kerusakan atau keretakan pada kerangka berdasarkan beban pengendara. Dengan penentuan beban pemakai yang bervariasi akan menghasilkan beban maksimal yang berbeda sehingga muncul keretakan pada bagian seat tube yang telah ditentukan sebagai titik keretakan. Analisis digunakan untuk melihat perbandingan keretakan dengan beban pengendara yang berbeda menggunakan metode elemen hingga, beban yang digunakan antara lain 800 N, 1000 N, dan 1200 N. Hasil simulasi dengan gaya 800 N, 1000 N, dan 1200 N yaitu *maximum equivalent stress* sebesar 2.2792 MPa, 2.8489 MPa, dan 3.4187 MPa. Nilai *maximum principal stress* tertinggi sebesar 2.571 MPa, 3.2138 MPa, dan 3.8565 MPa. Nilai *maximum shear stress* sebesar 1.2387 MPa, 1.5484MPa, dan 1.8581 MPa. *Total deformation* sebesar 0.011522 mm, 0.014216 mm, dan 0.017059 mm. Nilai *maximum J-Integral* sebesar  $3,6575 \times 10^{-7}$  mJ/mm<sup>2</sup>,  $5,715 \times 10^{-7}$  mJ/mm<sup>2</sup>, dan  $8,2296 \times 10^{-7}$  mJ/mm<sup>2</sup>. SIFS (K1) *maximum* sebesar -0.03327 MPa.mm<sup>0.5</sup>, -0.045494 MPa.mm<sup>0.5</sup>, -0.054593 MPa.mm<sup>0.5</sup>. Hasil analisis keretakan menyatakan bahwa kerangka sepeda berbahan AA 7005-T6 tidak gagal karena cacat material namun karena adanya korosi. Alasan utama kegagalan dimulai dengan mudah karena lubang-lubang korosi dan lama pemakaian dengan jarak tempuh yang cukup jauh.

Kata kunci: Crack, Kerangka sepeda, Metode Elemen Hingga

## Abstract

The decision to choose the material for a bicycle frame must be full of calculations and accuracy on the strength of the material. With the quality of bicycle frame materials that have high ductility can extend the service life. Alluminium Alloy 7005-T6 is one of the bicycle frame materials used. AA 7005-T6 material has a ductile texture and has the disadvantage that it is quite heavy material. With a resilient bicycle frame material, it can anticipate damage or cracks in the frame based on the rider's load. By determining the varying user loads, it will produce different maximum loads so that cracks appear on the seat tube section that has been determined as the crack point. Analysis is used to see the comparison of cracks with different rider loads using the finite element method, the loads used include 800 N, 1000 N, and 1200 N. The simulation results with forces of 800 N, 1000 N, and 1200 N are the maximum equivalent stress of 2.2792 MPa, 2.8489 MPa, and 3.4187 MPa. The highest maximum principal stress values are 2.571 MPa, 3.2138 MPa, and 3.8565 MPa. The maximum shear stress values were 1.2387 MPa, 1.5484MPa, and 1.8581 MPa. Total deformation of 0.011522 mm, 0.014216 mm, and 0.017059 mm. The maximum J-Integral values were  $3.6575 \times 10^{-7}$  mJ/mm<sup>2</sup>,  $5.715 \times 10^{-7}$  mJ/mm<sup>2</sup>, and  $8.2296 \times 10^{-7}$  mJ/mm<sup>2</sup>. The maximum SIFS (K1) was -0.03327 MPa.mm<sup>0.5</sup>, -0.045494 MPa.mm<sup>0.5</sup>, -0.054593 MPa.mm<sup>0.5</sup>. The crack analysis results stated that the bicycle frame made from AA 7005-T6 did not fail due to material defects but due to corrosion. The main reason for failure starts easily due to corrosion pits and long usage with considerable mileage.

Keywords: Crack, Bicycle frame, Finite Element Method

## 1. Pendahuluan

Sepeda memang merupakan salah satu inovasi yang sangat menarik dalam sejarah perkembangan manusia dan teknologi. Sepeda terus berkembang etiap tahunnya dengan bahan dan model yang beraneka ragam. Sebuah sepeda memiliki beberapa keuntungan bagi penggunaannya antara lain adalah sebuah transportasi hemat energi, sehat, bebas polusi, ekonomis dan aman, sedangkan kekurangan bagi penggunaannya adalah seorang pengendara sepeda akan merasa lelah jika terlalu

sering menggunakan atau sedang menempuh jarak yang jauh.

Yang membedakan satu sepeda dengan lainnya adalah kualitas komponen, bobot, desain, metode produksi, dan kemudahan penggunaan. Pada tahun 1839, pandai besi kelahiran Skotlandia Kirkpatrick MacMillan memproduksi sepeda yang sudah menggunakan pedal sebagai penggerak. Kemudian Pierre Michaux pertama kali memulai produksi massal sepeda pada tahun 1861 di Prancis. Saat itu sepeda bernama velocipede. Seiring kemajuan teknologi, geometri sepeda telah

\*Korespondensi: Tel./Fax.: 085234434274

E-mail: [dianastitiyelma@ubhi.ac.id](mailto:dianastitiyelma@ubhi.ac.id)

©PVTO UBHI PGRI

disempurnakan sesuai dengan ukuran tubuh manusia [1]. Sepeda terdiri dari komponen rangka, roda, drive train, rem, sadel, setang, dan as roda. Penelitian dan pengembangan telah menghasilkan desain yang ergonomis dengan gaya tunggangan yang rendah, kerangka yang ringan, kekuatan yang lebih besar, dan penanganan yang lebih baik untuk memenuhi kebutuhan yang disesuaikan [2].

Rangka merupakan bagian terpenting dari sepeda karena semua bagian sepeda lainnya melekat pada rangka [3]. Rangka harus menahan beban. Rangka adalah bagian terpenting dari sepeda, karena semua bagian sepeda lainnya melekat pada rangka pengendara, yang mengubah gaya pedal menjadi gerakan maju, mengarahkan roda ke arah yang diinginkan, dan memberikan bantalan. getaran jalan Rangka adalah "jiwa" dari sepeda dan harus menjadi fokus utama dalam pemilihan sepeda. Frame adalah komponen standar sepeda, dan setiap pabrik sepeda memiliki desain yang berbeda [4].

**2. Metode Penelitian**

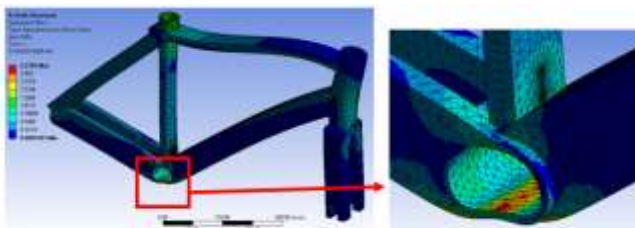
Analisis yang dilakukan berupa merancang desain kerangka sepeda menggunakan bahan Aluminium Alloy 7005-T6, kemudian melakukan analisis keretakan pada *seat tube* bagian bawah dengan beban pengendara yang bervariasi, beban tersebut antara lain 800 N, 1000 N, dan 1200 N menggunakan metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak ANSYS Workbench 18.1. Proses metode elemen hingga dimulai dengan memecah struktur menjadi serangkaian elemen yang lebih kecil [7]. Analisis elemen hingga membuatnya relatif sederhana dan efisien untuk mempelajari berbagai parameter yang digunakan dalam pengaturan desain dan manufaktur, dimana proses evaluasi mudah diterapkan [8].

**3. Hasil dan Pembahasan**

Proses simulasi rangka sepeda diberikan kondisi yang berbeda, diantaranya menerapkan gaya 800 N, 1000 N dan 1200 N. menggunakan ukuran meshing adalah 8 mm.

Hasil analisis simulasi yang dilakukan menunjukkan tegangan akibat beban dan deformasi rangka sepeda pada kondisi maksimum seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Hasil analisis tersebut menjadi dasar analisis retakan rangka sepeda karena terdapat retakan pada rangka sepeda.

**3.1 Tegangan (stress)**



Gambar 1. *equivalent stress* kerangka sepeda

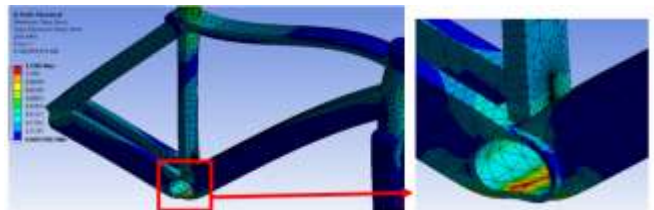
Gambar di atas menunjukkan hasil simulasi *equivalent stress kerangka sepeda* dengan bahan AA 7005-T6 dengan gaya sebesar 800 N, sedangkan data

analisis pada beban 1000 N, dan 1200 N diketahui bahwa nilai *maximum equivalent stress* terletak pada warna merah dengan nilai *stress* tertinggi, sedangkan nilai *stress* terendah terletak pada *kerangka sepedayang* berwarna biru.

No	Hasil Simulasi	800N	1000N	1200N
1.	<i>maximum equivalent stress</i>	2,2792 Mpa	2,8489 MPa	3,4187 MPa
2.	<i>minimum equivalent stress</i>	0,0005415 Mpa	0,00067687 MPa	0,00081224 MPa

Gambar 2. Tabel *equivalent stress*

**3.2 Maximum Shear Stress**



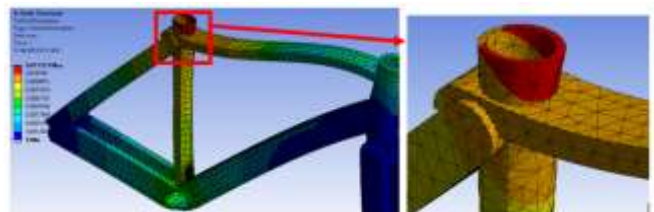
Gambar 3. *maximum shear stress* kerangka sepeda

Gambar di atas menunjukkan hasil dari simulasi *maximum shear stress kerangka sepeda* dengan bahan AA 7005-T6 dengan memberikan gaya sebesar 800 N, sedangkan data analisis pada beban 1000 N, dan 1200 N diketahui bahwa nilai *maximum shear stress* tertinggi terletak pada warna merah dengan nilai *stress* tertinggi, sedangkan nilai *stress* terendah terletak pada *kerangka sepeda* yang berwarna biru dengan nilai *stress*, pada tabel di bawah

No	Hasil Simulasi	800 N	1000 N	1200 N
1.	<i>maximum shear stress</i>	1,2387 MPa	1,5484MPa	1,8581 MPa
2.	<i>minimum shear stress</i>	0,00031003 MPa	0,00038754 MPa	0,00046505 MPa

Gambar 4. Tabel *maximum shear stress* kerangka sepeda

**3.3 Deformation**



Gambar 4. *deformation* kerangka sepeda

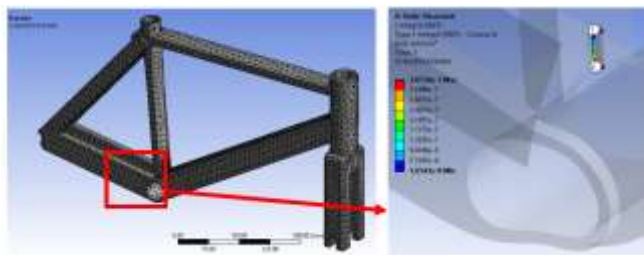
Gambar di atas menunjukkan hasil simulasi *total deformation kerangka sepeda* dengan bahan AA 7005-T6 dan gaya yang berbeda-beda yaitu: 800 N, 1000 N, dan 1200 N, diketahui bahwa nilai *total deformation* tertinggi ialah terletak pada warna merah, sedangkan nilai deformasi terendah terletak pada *kerangka sepeda* yang berwarna biru.

No	Hasil Simulasi	800N	1000 N	1200 N
1.	<i>maximum total deformation</i>	0,011373 mm	0,014216 mm	0,017059 mm
2.	<i>minimum total deformation</i>	0 mm	0 mm	0 mm

Gambar 5. Tabel *deformation* kerangka sepeda

**3.4 Crack**

Uji retakan (*crack*) pada *kerangka sepedadengan* posisi *crack* berada di ujung *blade*. Letak *crack* berada di koordinat Y= 0 mm, dimensi *crack* antara lain: 8 mm (*major radius*), 4 mm (*minor radius*), dan 9 mm (*large contour radius*). Kemudian diberikan gaya sebesar 800 N, 1000 N, dan 1200 N.



Gambar 6. Uji crack kerangka sepeda

Hasil analisis simulasi dari uji retakan *kerangka sepeda* diperlihatkan pada gambar di bawah dengan melihat nilai dari J-Integral. Nilai J-Integral adalah laju pelepasan energi tegangan dari benda retak per satuan pertambahan panjang retak yang ada pada benda tersebut..

No	Hasil Simulasi	800N	1000 N	1200 N
1.	maxiimum JINT	$3,6575 \times 10^{-7} \text{ mJ/mm}^2$	$3,715 \times 10^{-7} \text{ mJ/mm}^2$	$8,2296 \times 10^{-7} \text{ mJ/mm}^2$
2.	minimum JINT	$1,6543 \times 10^{-8} \text{ mJ/mm}^2$	$2,5849 \times 10^{-8} \text{ mJ/mm}^2$	$3,7221 \times 10^{-8} \text{ mJ/mm}^2$

Gambar 7. Tabel J-Integral

Selain itu, nilai SIFS (K1) menunjukkan penentuan faktor kuat tarik (K) suatu material dengan bentuk geometri tertentu dari hasil uji retak pada kondisi beban elastis..

No	Hasil Simulasi	800 N	1000 N	1200 N
1.	maxiimum SIFS	$-0,03327 \text{ MPa.mm}^{0,5}$	$-0,045494 \text{ MPa.mm}^{0,5}$	$-0,054593 \text{ MPa.mm}^{0,5}$
2.	minimum SIFS	$-0,17546 \text{ MPa.mm}^{0,5}$	$-0,21966 \text{ MPa.mm}^{0,5}$	$-0,26359 \text{ MPa.mm}^{0,5}$

Gambar 8. Tabel Faktor intensitas tegangan

#### 4. Simpulan

Dalam simulasi tersebut, penulis menganalisis kerangka sepeda dengan beban pengemudi sebesar 800 N, 1000 N, dan 1200 N meshing 8 mm, sehingga perubahan bentuk (*Total Deformation Maximum*) pada beban 800 N diperoleh sebesar 0,011373 mm, *maximum principal stress* didapatkan sebesar 2,571 MPa dan minimum sebesar -0,804 MPa, *Maximum Shear Stress* sebesar 1,2387 MPa dan minimum sebesar 0,00031003 MPa, dan *Equivalent Stress* didapatkan nilai Maksimum sebesar 2,2792 MPa dan minimum sebesar 0,0005415 MPa. kemudian pada hasil retakan (crack) J-Integral terdapat nilai maksimum sebesar  $3,6575 \times 10^{-7} \text{ mJ/mm}^2$ . Perubahan bentuk (*Total Deformation Maximum*) pada beban 1000 N diperoleh sebesar 0,014216 mm, *maximum principal stress* didapatkan sebesar 3,2138 MPa dan minimum sebesar -1,005 MPa, *Maximum Shear Stress* sebesar 1,5484 MPa dan minimum sebesar 0,00038754 MPa, dan *Equivalent Stress* didapatkan nilai Maksimum sebesar 2,8489 MPa dan minimum sebesar 0,0005415 MPa. kemudian pada hasil retakan (crack) J-Integral terdapat nilai maksimum sebesar  $5,715 \times 10^{-7} \text{ mJ/mm}^2$ . Perubahan bentuk (*Total Deformation Maximum*) pada beban 1200 N diperoleh sebesar 0,017059 mm, *maximum principal stress* didapatkan sebesar 3,8565 MPa dan minimum sebesar -1,206 MPa, *Maximum Shear Stress* sebesar 1,8581 MPa dan minimum sebesar 0,00046505 MPa, dan *Equivalent Stress* didapatkan nilai Maksimum sebesar 3,4187 MPa dan minimum sebesar 0,00081224 MPa. kemudian pada hasil retakan (crack) J-Integral terdapat nilai maksimum sebesar  $8,2296 \times 10^{-7} \text{ mJ/mm}^2$ . Hasil analisis keretakan yang telah

dilakukan bukan karena beban pemakai, keretakan pada frame sepeda dengan bahan AA 7005-T6 di akibatkan oleh korosi dan penggunaan masa pakai sepeda yang cukup lama.

#### Ucapan Terima Kasih

Dalam kegiatan penelitian ini penulis menyampaikan terima kasih kepada team dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Bhinneka PGRI telah mendukung proses penelitian dosen.

#### Daftar Pustaka

- [1] Ballantine, R., & Grant, R. (1998). *Ultimate Bicycle Book*. London: Dorling Kindersley.
- [2] Barnett, J. (2003). *Barnett's Manual: Analysis and Procedures for Bicycle Mechanics* (5<sup>th</sup> ed., Vol. 4). USA: Velo Press.
- [3] Galvin, P., & Morkel, A. (2001). Modularity on industry structure: the case of the world the effect of product bicycle industry. *INDUSTRY AND INNOVATION*, 8(1), 31–47.
- [4] Lin, C.-C., Huang, S.-J., & Liu, C.-C. (2017). Structural analysis and optimization of bicycle frame designs. *Advances in Mechanical Engineering*, 9(12), 168781401773951. <https://doi.org/10.1177/1687814017739513>
- [5] Srinivas, L., Ramarao, B., Seshu, M. A., & Gurushanker, V. (2015). Design And Manufacture Of Composite Bicycle Frame And Evaluation Of Compressive Properties Of  $\pm 450$  E-Glass/Epoxy Composite With Different Introduced Defects. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research*, 4(8), 2793–2798.
- [6] Cicero, S., Lacalle, R., Cicero, R., Fernández, D., & Méndez, D. (2011). Analysis of the cracking causes in an aluminium alloy bike frame. *Engineering Failure Analysis*, 18(1), 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2010.08.001>
- [7] Katon, M., Rahman, N. A., & Manap, N. (2017). Theoretical And Finite Element Method Of Static Structural Analysis At Wing Segment. *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(15), 4491–4493
- [8] Efendi, S., & Andoko. (2019). Design and Simulation of Cracks in A Four-Cylinder Engine Crankshaft Using Finite Element Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 494, 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/494/1/012004>

	<p><b>Yelma Dianastiti</b> menyelesaikan pendidikan S1 Pendidikan Teknik Otomotif di Universitas Negeri Malang pada tahun 2016. Pendidikan magister pendidikan pada program studi pendidikan kejuruan diselesaikan di Universitas Negeri Malang pada tahun 2018 dengan area Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Saat ini bekerja sebagai Dosen program studi Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif di Universitas Bhinneka PGRI</p>
---	---

	<p><b>Rico Andhika Putra</b> menyelesaikan pendidikan S1 Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Malang pada tahun 2018. Pendidikan magister pendidikan pada program studi pendidikan kejuruan diselesaikan di Universitas Negeri Malang pada tahun 2020 dengan area Keterampilan di Abad 21. Saat ini bekerja sebagai Dosen program studi Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif di Universitas Bhinneka PGRI</p>
---	--

	<p><b>Sudirman Rizki Ariyanto</b> menyelesaikan pendidikan S1 Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Surabaya pada tahun 2016. Pendidikan magister pendidikan pada program studi pendidikan Teknologi dan Kejuruan diselesaikan di Universitas Negeri Surabaya pada tahun 2019 dengan area Keterampilan di Abad 21. Saat ini bekerja sebagai Dosen program studi Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif di Universitas Bhinneka PGRI</p>
--	---