

---

## Aplikasi Desain Generatif Pada Rangka Sepeda Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Solidworks dan Matlab Simulink

Muhammad Ilham Baihaki<sup>1</sup>, Carolus Bintoro<sup>2</sup>  
Politeknik Negeri Bandung  
*Muhammad.ilham.aer18@polban.ac.id<sup>1</sup>, Bintoroe@polban.ac.id<sup>2</sup>*

---

### ABSTRACT

---

This research discusses the application of generative design on mountain bike frames using Solidworks and MATLAB Simulink software. The topic is taken from the problem of the inertial force that occurs in the structure of a mountain bike due to the dynamic forces that work. In the implementation, several things were carried out, namely the first to design the geometry of the mountain bike frame and determine the static load using solidworks software. Second, bicycle track modeling and dynamic load determination method using MATLAB simulink software. Third, numerical simulation on mountain bike frames with static and dynamic loads using solidworks. Thus, in this research a computational study was carried out using Solidworks and MATLAB simulink software. From the computational study, the results of different dynamic forces are obtained at each loading. At a maximum of mass of 90 kg the rider produces a static force of 1695,1 N and a dynamic force of 36,78 N. Under these loading conditions, a positive margin of safety is obtained so that the frame design of a mountain bike is declared safety.

**Keywords:** Generative, Bike Frame, Solidworks, MATLAB simulink

---

### PENDAHULUAN

Sepeda gunung digunakan oleh Karl Drais sebagai transportasi menuju hutan pada tahun 1875 dan berbentuk seperti sepeda roda tiga tanpa pedal. Seiring berjalannya waktu, banyak orang yang menggemari sepeda gunung. Hal tersebut dibuktikan dengan munculnya komunitas *Velo Cross Club Parison* (VCCP) di Prancis, terdiri dari 20 orang dan menjadi titik awal dikenalnya sepeda gunung hingga saat ini. Oleh karena itu, modifikasi desain sepeda gunung terus berkembang disesuaikan dengan kegunaannya. Pada tahun 1953, desain sepeda gunung berkembang menjadi bentuk *diamond* oleh John Finley Scott. Pada tahun 2019, sepeda gunung memiliki bentuk rangka yang unik dan profil batang yang dimodifikasi, contohnya yaitu profil batang pipih horizontal dan vertikal.

Dalam mengembangkan desain sepeda gunung, penentuan metode pembebanan pada rangka perlu dipertimbangkan. Kemudian, metode tersebut perlu disesuaikan dengan pergerakan sepeda gunung. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui gaya dinamik yang bekerja pada rangka sepeda gunung. Oleh karena itu, dalam perencanaan desain sepeda gunung perlu

mempertimbangkan pembebanan yang akan diaplikasikan pada rangka.

Sepeda gunung didesain untuk melewati medan yang kasar. Hal tersebut berpotensi menimbulkan pembebanan yang tinggi pada sepeda, terutama di bagian rangka. Bila rangka memiliki massa dan mengalami percepatan, terjadi gaya inersia pada seluruh rangka. Reaksi dari gaya inersia menyebabkan simpangan dari sumbu awalnya. Idealnya, rangka akan kembali ke posisi semula karena kelenturannya atau dengan istilah rangka melawan deformasi. Hal itu akan terjadi apabila rangka memiliki karakteristik kekuatan dan kekakuan yang tinggi.

Kekuatan dan kekakuan pada rangka sepeda gunung dapat ditingkatkan dengan melakukan berbagai metode. Seperti yang dipublikasikan oleh salah satu jurnal, profil batang pada rangka sepeda gunung dapat dimodifikasi dengan berbagai metode sehingga dapat mendistribusikan beban secara merata ke seluruh rangka. Ditambah lagi dengan mengaplikasikan material *carbon epoxy composite* yang memiliki karakteristik perbandingan kekuatan dan densitas yang tinggi, perbandingan modulus elastisitas dan densitas yang tinggi, serta massa yang ringan.

Modifikasi desain rangka sepeda gunung dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak *solidworks* dengan mengaplikasikan material *carbon epoxy composite*. Selain itu, dilakukan juga simulasi numerik pada rancangan rangka sepeda gunung dengan dua kondisi pembebanan, yaitu kondisi beban statik dan beban dinamik menggunakan perangkat lunak *solidworks simulation* dan *MATLAB Simulink*.

Dari permasalahan diatas, dapat disimpulkan bahwa perkembangan desain sepeda gunung diikuti dengan perencanaan yang terstruktur. Dimulai dari merancang desain, menentukan metode pembebanan, menentukan gaya inersia pada rangka sepeda, memodifikasi desain dan material untuk mendapatkan kekuatan serta kekakuan yang tinggi. Hal itu dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak *solidworks* dan *MATLAB Simulink*. Tema penelitian TA ini yaitu mengenai “rangka sepeda gunung” yang dilakukan dengan merancang rangka sepeda gunung dan mengaplikasikan material *carbon epoxy composite*.

**1. METODE**

**2.1 Studi Literatur**

Untuk mengumpulkan data yang relevan, dilakukan studi literatur melalui beberapa buku dan karya tulis ilmiah yang beririsan dengan judul penelitian ini.

**2.2 Penentuan DRO (Design Requirement Object)**

Pada tahap ini, dilakukan penentuan DRO agar tujuan penelitian ini tercapai dan terealisasi. DRO pada penelitian ini disusun berdasarkan spesifikasi standar sepeda gunung dan metode perancangannya. DRO pada TA ini dapat diperlihatkan pada Tabel 3.1

Tabel 1. Design Requirement Object

Tujuan Desain	Mampu Menahan
Tipe Rangka	Alumunium
Desain	1.182Rag
Materi	Alu-6061 dan Epoxy Composite
Perangkat Lunak	Simulasi untuk mengetahui rangka dan modifikasi pada Alu-6061 dan Epoxy Composite dan pemastikan beban statik dan dinamik

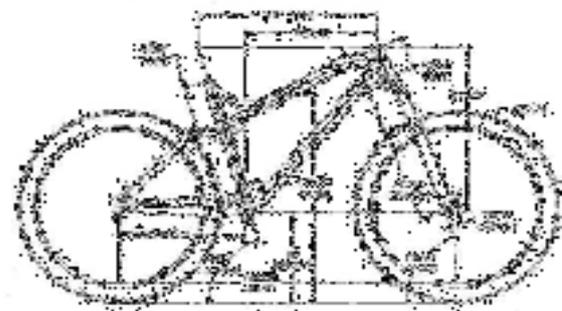
**2.3 Perancangan Rangka Sepeda Gunung**

Pada tahap ini, dilakukan proses perancangan (mulai dari ide perancangan sampai terciptanya suatu desain) rangka sepeda gunung menggunakan perangkat lunak *solidworks* 2016. Perancangan sepeda gunung ini mengikuti standar umum dimensi yang diambil dari salah satu situs. Standar sepeda gunung yang digunakan berskala internasional diperlihatkan pada Gambar 3.2 dan

spesifikasi geometri rangka sepeda gunung tersebut diperlihatkan pada

Tabel .2 geometri rangka sepeda gunung

Dimensi	Unit	Min	Max	Min	Max
Top Tube	mm	420-470	500	420-470	480-530
Head Tube	mm	30-40	50	30-40	40-50
Seat Tube	mm	380-430	450	380-430	440-490
Head Tube Angle	deg	71-73	75	71-73	74-76
Seat Tube Angle	deg	73-75	77	73-75	74-76
Chainstay Length	mm	410-430	450	410-430	440-460
Wheelbase	mm	1000-1050	1100	1000-1050	1080-1130
Standover Height	mm	750-800	850	750-800	800-850
Bottom Bracket Height	mm	270-290	300	270-290	280-300



Gambar 3. Standar Sepeda Gunung

Pada tulisan ini dapat dilakukan modifikasi desain dan material tergantung dari hasil simulasi numerik. Apabila hasil simulasi numerik menghasilkan kemampuan struktur rangka sepeda gunung yang mampu menahan tegangan

dan defleksi, maka rangka dapat dikatakan aman. Akan tetapi, jika struktur rangka sepeda terjadi tegangan yang melebihi kekuatan material dan defleksi yang melebihi 1 mm (4), maka dapat dilakukan modifikasi dengan cara menambah ketebalan pada rangka sepeda gunung.

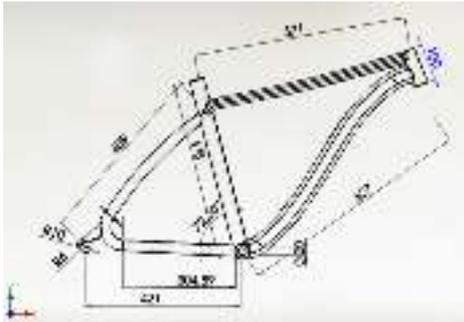
**2.4 Simulasi Numerik Rangka Sepeda Gunung**

Tahap simulasi numerik beban untuk mengetahui beban struktur yang terjadi jika gaya diaplikasikan ke struktur rangka sepeda gunung dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks* untuk mengetahui nilai *stress*, *displacement* dan *factor of safety* pada desain rangka sepeda gunung dalam kondisi statik dan dinamik.

**Kondisi Statik dan Dinamik**

Kondisi statik yaitu kondisi rangka sepeda gunung diam dan diberi beban statik. Sebelum melakukan simulasi, perlu dilakukan verifikasi material yang digunakan pada simulasi numerik ini, yaitu *carbon epoxy composite* dari perhitungan rekan tim yang diperlihatkan pada

Tabel 2.4.



Gambar 4 Desain ukuran perancangan sepeda gunung

Pada penelitian yang dilakukan ini dengan pemodelan sepeda menjadi 2 dof dan menentukan respons gaya inerti yang terjadi pada titik massa rangka sepeda. Gaya tersebut ditentukan dengan menggunakan pers. (1) sebagaimana dapat dituliskan.

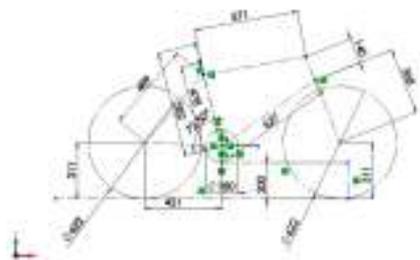
$$\begin{aligned}
 \mathbf{M} \ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{C} \dot{\mathbf{q}} + \mathbf{K} \mathbf{q} &= \mathbf{F} \cos(\omega t) \\
 \mathbf{M} \ddot{\mathbf{q}} &= \mathbf{F} \cos(\omega t) - \mathbf{C} \dot{\mathbf{q}} - \mathbf{K} \mathbf{q} \\
 \mathbf{M} \ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{C} \dot{\mathbf{q}} + \mathbf{K} \mathbf{q} &= \mathbf{F} \cos(\omega t)
 \end{aligned}$$

Model matematika pada pers. (1), dapat diselesaikan dengan Simulink Matlab sebagai berikut:



2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Rancangan Rangka Sepeda Gunung



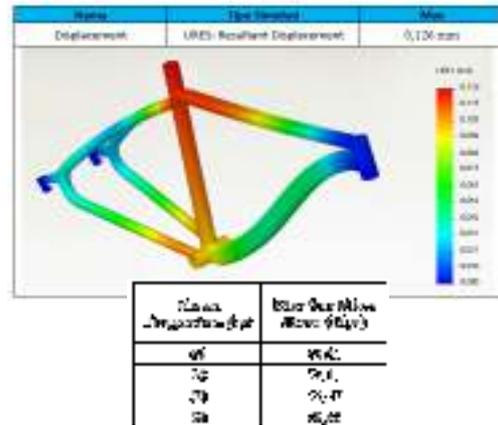
Standar dimensi didapatkan dari situs [www.evobikes.com](http://www.evobikes.com) dapat dijadikan referensi dalam merancang rangka sepeda gunung agar memiliki dimensi yang mendekati standar pabrik sepeda. Hasil 2 dimensi perancangan geometri rangka sepeda gunung menggunakan perangkat lunak *solidworks* dapat diperlihatkan pada Gambar 4.1. Hasil penebalan berskala 3 dimensi pada rancangan

rangka sepeda gunung dapat diperlihatkan pada Gambar 4.2.

No	Uraian	Materi	Ketebalan (mm)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Volume (mm <sup>3</sup> )		Massa (kg)		Stress (N/mm <sup>2</sup> )
					Asal	Target	Asal	Target	
1	Headset	Alu 6061	10	10000	10000	10000	0,003	0,003	100
2	Stem	Alu 6061	15	15000	15000	15000	0,005	0,005	150
3	Seatpost	Alu 6061	20	20000	20000	20000	0,007	0,007	200
4	Seat	Alu 6061	25	25000	25000	25000	0,009	0,009	250
5	Seat Clamp	Alu 6061	10	10000	10000	10000	0,003	0,003	100
6	Seatpost Clamp	Alu 6061	10	10000	10000	10000	0,003	0,003	100
7	Seatpost Clamp	Alu 6061	10	10000	10000	10000	0,003	0,003	100
8	Seatpost Clamp	Alu 6061	10	10000	10000	10000	0,003	0,003	100
9	Seatpost Clamp	Alu 6061	10	10000	10000	10000	0,003	0,003	100
10	Seatpost Clamp	Alu 6061	10	10000	10000	10000	0,003	0,003	100

2.2 Hasil Simulasi Numerik

2.2.1 Von Mises Stress

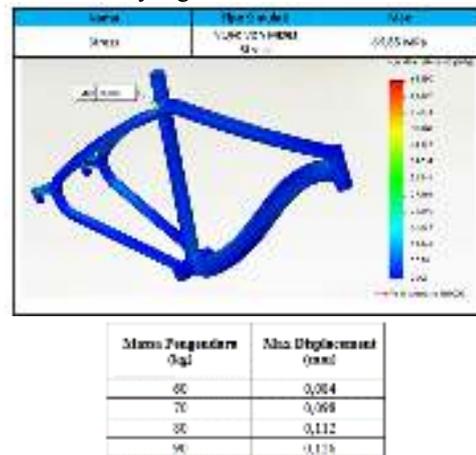


Gambar 4.3 Max Von Mises Stress Beban 90 kg

Hasil maksimum *von mises stress* pada simulasi numerik rangka sepeda gunung di setiap pembebanan massa pengendara yaitu 60 kg, 70 kg, 80 kg, dan 90 kg dapat diperlihatkan pada tabel diatas . Semakin besar beban yang diaplikasikan pada rangka sepeda gunung, maka *von mises stress* pun akan mengalami peningkatan.

2.2.2 Displacement

Pada tahap simulasi numerik ini, hasil *displacement* dapat dijadikan sebagai acuan untuk penentuan nilai defleksi maksimum pada rangka sepeda gunung. Hasil defleksi maksimum pada rangka sepeda gunung tidak boleh melebihi 1 mm sesuai referensi yang tercantum.

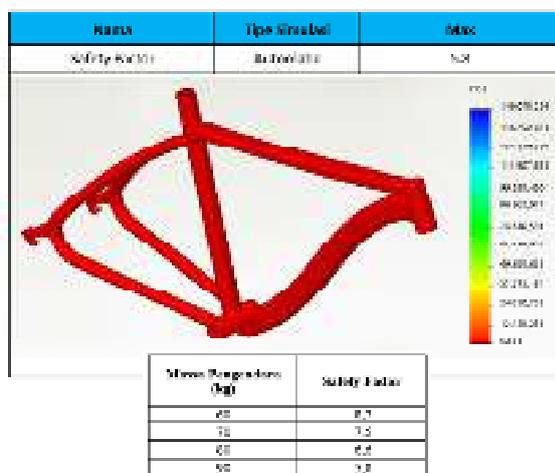


Gambar 4 Max Displacement Beban 90 kg

Pada hasil simulasi numerik rangka sepeda gunung, hasil defleksi maksimum yang terjadi di setiap pembebanan massa pengendara dapat dibandingkan. Hasil maksimum defleksi pada setiap pembebanan massa pengendara dapat diperlihatkan pada Gambar 4.4 dan tabel displacement terhadap massa pengendara.

### 3.2.3 Safety Factor

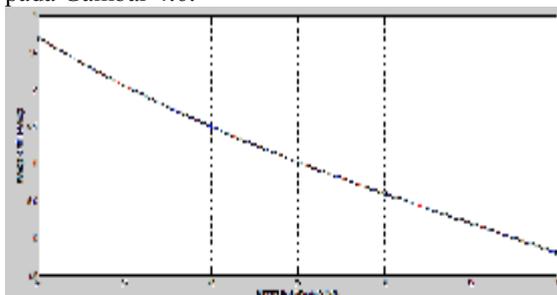
Pada tahap simulasi numerik ini, dihasilkan nilai *safety factor* yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan kapasitas struktur dalam menahan suatu beban diluar dari beban aktualnya. *Safety factor* merupakan nilai yang dihasilkan berdasarkan perhitungan pembagian *yield strength* dengan tegangan yang terjadi pada material.



Gambar 5 Safety Factor Beban 90 kg

### 3.2.4 Margin of Safety

Massa pengendara 60 kg dihasilkan *margin of safety* sebesar 7,7. Pada massa pengendara 70 kg, didapatkan *margin of safety* sebesar 6,5. Pada massa pengendara 80 kg, didapatkan *margin of safety* sebesar 5,6. Pada massa pengendara 90 kg, didapatkan *margin of safety* sebesar 4,8. Dengan demikian, dapat dilihat bahwa semakin meningkat massa pengendara maka *margin of safety* akan semakin berkurang. Hal tersebut ditandai dengan kontur kurva yang menurun yang diperlihatkan pada Gambar 4.6.



Gambar 6 Margin of Safety Beban 60 kg – 90 kg

## KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan tulisan ini dapat diuraikan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Modifikasi desain dilakukan pada profil batang di setiap bagian rangka sepeda gunung dan modifikasi material dengan mengaplikasikan *fiber carbon epoxy composite* pada rangka sepeda gunung sehingga menghasilkan struktur dengan kekuatan dan kekakuan yang tinggi serta ringan.
2. Berdasarkan hasil TA ini, defleksi maksimum pada setiap pembebanan massa pengendara menghasilkan nilai kurang dari 1 mm sesuai dengan referensi.
3. Hasil *safety factor* dan *margin of safety* dari simulasi numerik rangka sepeda gunung pada massa pengendara maksimum 90 kg yaitu 5,8 dan 4,8 sehingga dapat dikatakan bahwa rangka sepeda gunung aman.
4. Rangka sepeda gunung dapat digunakan untuk massa pengendara 60 kg sampai 90 kg.
5. Gaya dinamik dari hasil model struktur rangka sepeda gunung pada massa 80 kg, 70 kg, 80 kg, dan 90 kg secara berturut-turut yaitu 25,86 N, 29,61 N, 33,23 N dan 36,78 N.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada dosen pembimbing dan Politeknik Negeri Bandung

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Kaji Material Komposit Hibrida Pada Sepeda Road Bike dan Penyiapan Alat Bantu Manufakturnya.* **Abdillah, Panji.** Bandung : Politeknik Negeri Bandung, 2017.
- [2] *Kaji Kekuatan dan Manufaktur Fitting Rangka Sepeda Berbahan Material Komposit Hibrida Partikel Aktif Sub Mikro.* **Iqbal, Pandu.** Bandung : Politeknik Negeri Bandung, 2018.
- [3] *Conceptual Design and Stress Analysis of The Composite Frame of Dirt Jump Mountain Bike.* **Saric, Isad and Pervan, Nedim.** Sarajevo : University of Sarajevo, 2018.
- [4] *Loads, Stresses, and Deflection in Bicycle Frames.* **MA, Millar and Soden, P.** 4, s.l. : Journal International Strain Analysis, 1986, Vol. 21.