

Penentuan Beban Pada Prototype Rangka Sepeda Yang Bermanoever Jatuh dari Ketinggian 2 m

Carolus Bintoro¹, Vicky Wuwung¹, M. Ilham²

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : bintoroc@polban.ac.id

²Alumni Mahasiswa, JTM Politeknik Negeri, Bandung 40012
E-mail : -

ABSTRAK

Gaya yang bekerja pada rancangan sepeda biasaya digunakan dalam proses kaji struktural penentuan defleksi frame sepeda. Oleh karena pengguna sepeda kayuh semakin banyak, dengan alasan ramah lingkungan, merupakan bentuk olah raga dan keungan lainnya, maka kajian ini dilakukan. Kajian ini sendiri diberi judul “Penentuan Beban Pada Prototype Rangka Sepeda Yang Bermanoever Jatuh dari Ketinggian 2 m”. Kajian ini diselesaikan dengan memanfaatkan perangkat lunak Simulink Matlab. Hal tersebut didasarkan pada rangka sepeda yang kaku, kuat dan ringan, perlu dijustifikasi beban dinamik yang bekerja pada strukturnya. Beban dinamik yang terjadi pada prototipe disebabkan oleh karena defleksi akibat lintasan dan manuvernya, namun demikian haruslah tetap memberikan rasa aman bagi pengendaranya. Apabila massa sepeda terlalu besar, hal tersebut memerlukan goyangan dalam mengayuh pada saat bermanover pada kondisi tertentu. Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa beban dinamik yang bekerja pada rangka sepeda gunung karena jatuh dari ketinggian 2 m lebih besar dari beban statiknya. Oleh karena itu dalam perancangan rangka sepeda disarankan untuk menggunakan angka keamanan 2,5 dari beban statiknya. Dengan demikian apabila ada lonjakan beban, maka rangka sepeda masih aman untuk digunakan dan dibatasi hingga jatuh dari ketinggian 2 m.

Kata Kunci

Beban dinamis, beban statis, manuver jatuh, matlab Simulink, prototipe sepeda gunung

1. Pendahuluan

Nilai gaya kerja umumnya diperoleh dari studi struktural penentuan defleksi rangka sepeda [1]. Dalam menentukan beban dapat dilakukan melalui studi eksperimental atau studi teoritis. Pada artikel ini, kami menentukan beban dinamis yang bekerja pada rangka sepeda akibat jatuh dari ketinggian 2 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1 Sepeda yang digunakan untuk manuver melayang pada ketinggian sekitar 2 m

Saat ini tingkat keparahan kerusakan struktur dievaluasi dengan menganalisis defleksi struktur [2]. Dengan demikian, pendekatan yang lebih rinci untuk bingkai yang terbuat

dari bahan komposit harus dilakukan. Saat ini banyak penelitian tersebut telah dilakukan dengan menggunakan perangkat komputer, sehingga lebih akurat dan detail. Dalam makalah ini, kami memperkirakan tingkat keparahan defleksi tulang menggunakan Solidworks FEM. Beban yang bekerja pada sepeda ditentukan dengan menggunakan perangkat lunak Matlab. Beban kerja pada pusat massa sepeda merupakan kombinasi beban statis dan dinamis



Gambar 2 Keharusan melompat

Chien Cheng Lin's menjelaskan bahwa Schuijbroek dkk menyatakan telah melakukan kegiatan menganalisis tegangan pada rangka sepeda dan mengoptimalkan desainnya dengan menggunakan software Pro/Engineer [3]. Artikel tersebut juga menjelaskan bahwa setiap pabrik sepeda memiliki desain yang berbeda dengan proses fabrikasinya masing-masing.

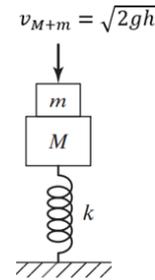
Keragaman bahan di pasaran menimbulkan pertanyaan tentang keandalan konstruksi sepeda. Dengan prototipe yang dikembangkan, perbandingan material yang digunakan, serta defleksi yang terjadi akibat profil lintasan. Hal ini sedikit banyak menimbulkan berbagai perasaan bagi pengendaranya. Jika massa sepeda terlalu besar, akan membutuhkan goyangan dalam mengayuh selama manuver dalam kondisi tertentu. Dengan demikian, rangka sepeda harus kuat, kaku dan ringan.

Beban statis pada sepeda harus dapat diterapkan pada tapak kaki dan tumit manusia, dalam jangka waktu yang lama. Konsep desain rangka sepeda saat ini banyak dilakukan dengan menggunakan material serat karbon – epoksi yang dimodifikasi. [1] Beban dinamis yang dimodelkan dengan 5 dof dan disimulasikan dengan Simulink Matlab dapat memberikan gaya yang terjadi akibat manuver sepeda yang jatuh dari ketinggian 2,0 m. Berdasarkan penelitian ini, ketebalan rangka sepeda dapat ditentukan berdasarkan beban dan keamanannya.

Distribusi tegangan dan deformasi yang dibentuk oleh berbagai kondisi pembebanan merupakan hal penting yang harus diperhatikan selama perancangan. Tegangan maksimum dan deformasi harus menjadi perhatian utama, dan penelitian ini membahas tentang analisis tegangan dan perpindahan rangka sepeda melalui Analisis Elemen Hingga (FEA). Hasil penelitiannya menghasilkan tegangan antara 7,18 – 36,83 MPa yang tersebar di beberapa bidang rangka sepeda. Dengan ban tersebut, yang terjadi pada rangkanya, pada defleksi rangka berkisar antara 0,018 – 0,23 mm [4]

Dengan demikian pada artikel ini diharapkan adanya gaya inersia yang terjadi pada rangka sepeda akibat manuver dengan jatuh dari ketinggian 2 m. Hal ini sesuai dengan ungkapan bahwa gaya aerodinamis, bobot dan inersia rotasi, geometri rangka, merupakan pertimbangan yang sangat penting. Kajian juga bisa dilanjutkan dengan mengevaluasi

lintasan, kerikil atau tidak, namun tidak berhenti sampai di situ. Penyerapan energi adalah karakteristik penting dan sering diabaikan saat bersepeda. Gambar 3 memperlihatkan penentuan kecepatan jatuh dari sepeda. Nilai jatuh tersebut akan mempengaruhi damping dari struktur sepeda.



Gambar 3 Model massa sepeda dan jatuh dari ketinggian

2. Methodology

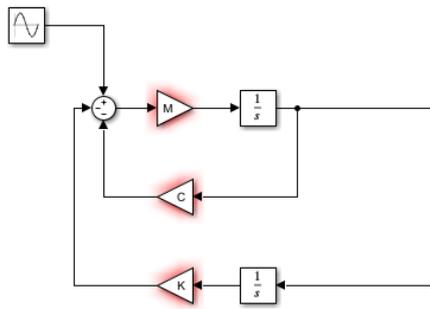
Rangka sepeda dapat dianggap sebagai balok dengan kekakuan pada kedua ujungnya. Jika balok jatuh pada ketinggian tertentu, diasumsikan sebagai massa yang jatuh pada model roda depan atau belakang. Dengan demikian, kecepatan ketika massa menyentuh bumi dapat ditentukan.

Seperti yang dinyatakan sebelumnya, sistem n derajat kebebasan menuntut untuk dapat menggambarkan respons dinamisnya. Umumnya, respon dinamis membutuhkan sumbu independen dari model geometrik, sehingga posisinya dapat ditentukan setiap saat. Hal lain yang dapat diamati, adalah mengetahui respon komponen sepeda setiap saat.

Dalam penelitian ini sepeda dimodelkan menjadi 2 dof, dan menentukan respon gaya inersia yang terjadi pada titik massa rangka sepeda. Gaya ditentukan dengan menggunakan pers. (1) seperti yang dapat ditulis.

$$m\ddot{x} = f(t) - c\dot{x} - kx \dots \dots \dots (1)$$

Model matematika pada pers. (1), dapat diselesaikan dengan Simulink Matlab sebagaimana pada Gambar 4



Gambar 4 Simulink Matlab dari model sepeda melayang

Dari model ini dapat diketahui bahwa massa sepeda dan orang (M), redaman model (C), kekakuan sistem (K) dan gaya luar $[F(t)]$ dapat menentukan $(x, \dot{x}, \text{ dan } \ddot{x}$.

2.1.1 Identifikasi

Dengan mengacu pada referensi, diketahui bahwa,

Table 1 Tabel spesifikasi dinamika sepeda

No.	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Massa rangka dan rider	85	kg
2	Rigiditas front	18,87	kN/m
3	Rigiditas belakang	22.64	kN/m
4	Rigiditas wheel front	30.60	kN/m
5	Rigiditas wheel rear	67.56	kN/m
4	Jarak CG ke depan	0.4	m
5	Jarak CG ke belakang	0.6	m
6	Koef. redaman	80.09	Ns/m

2.1 Singkatan dan Akronim

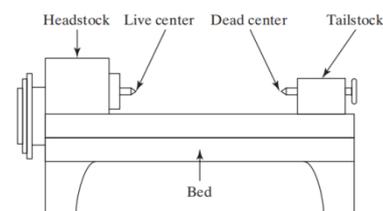
- M : bikers mass
- m : bicycle mass structure
- g : earth's gravity
- h : bicycle jumping height
- F : Force
- m_s : massa pengendara
- m_b : massa rangka sepeda
- m_p : momen inersia massa rangka sepeda
- m_f : massa roda depan
- m_r : massa roda belakang
- k : stiffness
- l : jarak

Dalam banyak sistem praktis, energi getaran secara bertahap diubah menjadi panas atau suara. Karena pengurangan energi, respons, seperti perpindahan sistem, secara bertahap berkurang. Mekanisme di mana energi getaran berkurang secara bertahap menjadi panas atau suara dikenal sebagai redaman. Bahkan jika jumlah energi panas atau suara relatif kecil, pertimbangan redaman penting untuk prediksi yang akurat dari respons getaran suatu sistem. Peredam diasumsikan tidak memiliki massa atau elastisitas, dan gaya redaman hanya ada ketika kecepatan relatif antara kedua ujung peredam tidak sama dengan nol.

2.3 Pemodelan Massa Sepeda dan Sepeda melayang

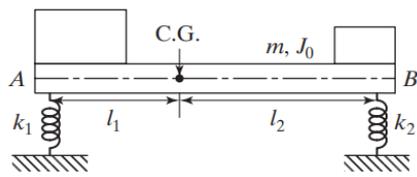
Getaran Mekanik suatu benda yang bergerak selalu menjadi topik penelitian yang menarik di bidang teknik. Ini karena analisis karakteristik getaran kendaraan dapat secara efektif menjelaskan kinerja dan perubahan mengemudi. Sejauh ini, sebagian besar penelitian telah mengadopsi metode hukum kedua Newton untuk memodelkan dan menganalisis masalah getaran pada kendaraan.

Getaran mekanik suatu benda yang bergerak selalu menjadi topik penelitian yang menarik di bidang teknik. Ini karena analisis karakteristik getaran kendaraan dapat secara efektif menjelaskan kinerja dan perubahan mengemudi. Sejauh ini, sebagian besar penelitian telah mengadopsi metode hukum kedua Newton untuk memodelkan dan menganalisis masalah getaran pada kendaraan.



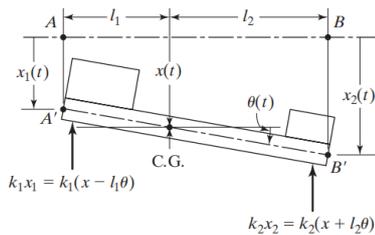
Gambar 5 Simulink Matlab dari model sepeda melayang

Dengan menggunakan model mesin bubut maka pemodelan sistem dinamik dapat dimodelkan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Model dinamika mesin bubut

Model dinamik untuk pemodelan pada Gambar 6 dapat dilakukan seperti pada Gambar 7



Gambar 7 Derivasi persamaan gerak rangka sepeda

Berdasarkan diagram benda bebas yang ditunjukkan pada Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa persamaan gerak dalam arah vertikal dan rotasi ditulis dalam pers. (4)

$$m\ddot{x} = k_1(x - l_1\theta) - k_2(x + l_2\theta) \dots \dots (4)$$

dan persamaan momen di C.G. dapat dinyatakan dalam Persamaan. (5)

$$J_0\ddot{\theta} = k_1(x - l_1\theta)l_1 - k_2(x + l_2\theta)l_2 \dots \dots (5)$$

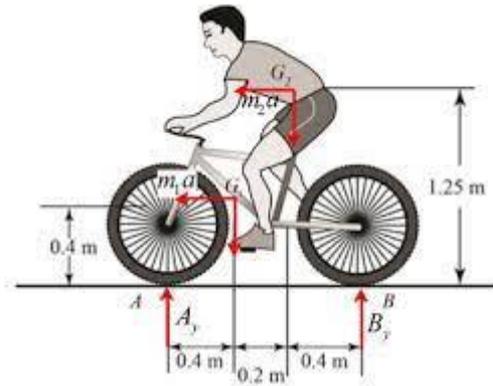
Berdasarkan Persamaan. (4) dan (5) dapat disusun dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & J_0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{\theta} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} (k_1 + k_2) & -[k_1 l_1 - k_2 l_2] \\ -[k_1 l_1 - k_2 l_2] & (k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x \\ \theta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Persamaan matriks gerak tidak menunjukkan redaman; namun, itu dapat diatur dalam format yang sama.

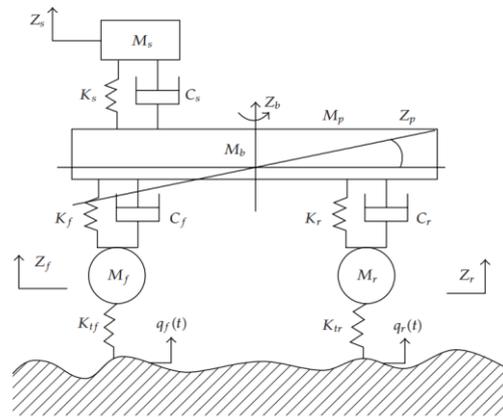
2.2 Pemodelan Penelitian Sepeda ini

Agar lebih dekat dengan kondisi sebenarnya, sepeda dalam penelitian ini dilakukan dengan asumsi sepeda menjadi 5 dof.



Gambar 8 Geometri dimensi sepeda gunung

Gambar 8 secara skematis menggambarkan model sepeda gunung yang dikendarai. Dinamika gerak sistem sepeda pedal dapat dikaitkan dengan gambar karena mengacu pada titik Cg-nya. Hal ini karena yang diamati adalah gerakan heaving and pitching dari sistem sepeda menuju posisi titik tersebut. Parameter studi m_1 , m_2 , m_c , m_s , l_1 , l_2 dan r mewakili massa ban depan, massa ban belakang, massa (kursi + pengendara), massa rangka, momen inersia, massa pegas ban depan, massa ban belakang, dan posisi kursi seperti pada Gambar 9 [6].



Gambar 9 Model dinamika sepeda gunung

Dengan melakukan simulasi pada software Simulink Matlab, maka besar model pergerakan dan gaya dapat ditentukan.

3. Simulasi

Berdasarkan Gambar 9, persamaan gerak sistem dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$[M]\{\ddot{z}\} + [c]\{\dot{z}\} + [k][z] = \{F_{ext}\} \dots \dots (3)$$

djmana

$$M = \begin{bmatrix} m_c & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_f & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_r \end{bmatrix}$$

$$c = \begin{bmatrix} c & -c & cl_1 & 0 & 0 \\ -c & c + c + c & -cl_1 - cl_2 + cl_3 & -c & -c \\ cl_1 & -cl_1 - cl_2 + cl_3 & cl_1^2 + cl_2^2 + cl_3^2 & cl_2 & -cl_3 \\ 0 & -c & cl_1 & c & 0 \\ 0 & -c & -cl_3 & 0 & c \end{bmatrix}$$

$$k = \begin{bmatrix} k_s & -k_s & k_s l_1 & 0 & 0 \\ -k_s & k_s + k_f + k_r & k_s l_1 - k_f l_2 + k_r l_3 & -k_f & -k_r \\ k_s & -k_s l_1 - k_f l_2 + k_r l_3 & k_s l_1^2 + k_f l_2^2 + k_r l_3^2 & k_f l_2 & -k_r l_3 \\ 0 & -k_f & k_f l_2 & k_f + k_{tf} & 0 \\ 0 & -k_r & -k_r l_3 & 0 & k_r + k_{tr} \end{bmatrix}$$

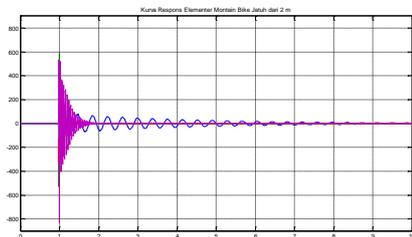
4. DISKUSI

Berdasarkan parameter di atas, maka dapat diperoleh, dapat dikatakan bahwa,

- Kecepatan massa sepeda yang jatuh dari ketinggian 2 m adalah

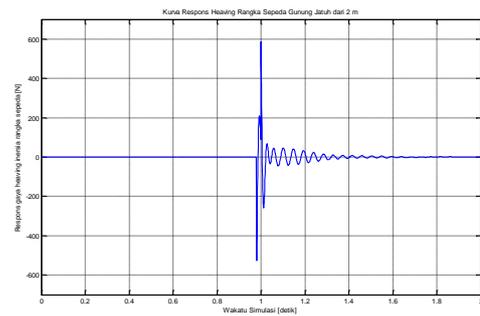
$$V_{t1} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 6.261 \text{ m/s}$$

- Dengan menggunakan parameter tersebut, geometri desain sepeda dan parameter yang digunakan, maka respon gaya inersia yang terjadi adalah sebagai berikut,



Gambar 10 Respons dasar sepeda gunung karena jatuh dari ketinggian 2 m

Berdasarkan kurva dasar, dapat diamati bahwa sepeda gunung yang jatuh dari ketinggian 2 m memberikan gaya tumbukan yang lebih besar dari gaya statis, yaitu hingga 831,9 [N]. Gaya statis model sepeda yang diteliti adalah 829,9 [N]



Gambar 11 Respon naik-turun rangka sepeda gunung akibat jatuh dari ketinggian 2 m

Dapat diamati pada Gambar 11, kecepatan jatuh sepeda membuat rangka mengalami beban 525,8 N, yang mendekati gaya statis pada sepeda. Oleh karena itu dalam mendesain sepeda perlu diperhatikan dengan seksama, agar rangka sepeda tetap nyaman dikendarai

Dapat diamati pada Gambar 11, kecepatan jatuh sepeda membuat rangka mengalami beban 525,8 N, yang mendekati gaya statis pada sepeda. Oleh karena itu dalam mendesain sepeda perlu diperhatikan dengan seksama, agar rangka sepeda tetap nyaman dikendarai

5. KESIMPULAN

Mencermati hasil penelitian, dalam menentukan faktor keamanan yang digunakan pada penelitian metode elemen hingga (FEM) perlu menggunakan harga yang cukup besar yaitu > 2 . Dalam hal ini penelitian selanjutnya akan menggunakan beban yang bekerja pada sepeda dengan faktor keamanan 2,5 dalam menentukan beban yang diterapkan. bekerja pada rangka sepeda. Nilai beban ini akan digunakan sebagai masukan dalam studi FEM yang tidak dibahas dalam makalah ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas publikasi artikel tentang IRWNS ini kepada tim redaksi IRWNS Polban.

REFERENSI

- [1] Otto Hofstätter, et. All., Development of a prototype for the simulation of human sway to make standardized and reproducible measurements of force and pressure sensors, 11th conference of the International Sports Engineering

- Association, ISEA 2016, Procedia Engineering 147 (2016) 683 – 687
- [2] Chien-Cheng Lin, et.al., Structural analysis and optimization of bicycle frame designs, Advances in Mechanical Engineering 2017, Vol. 9(12) 1–10
- [3] Gilbert-Rainer Gillich, et.al, A New Approach for Severity Estimation of Transversal Cracks in Multi-layered Beams, Latin American Journal of Solids and Structures 13 (2016) 1526-1544
- [4] Akhyar, et.al, Structural Simulations of Bicycle Frame Behavior under Various Load Conditions, Materials Science Forum, 2019, ISSN: 1662-9752, Vol. 961, pp 137-147
- [5] Rao, S.S, Mechanical Vibration, Prentice Hall, 5th ed. 2011.
- [6] Li-Xin Guo, et.al., Vehicle Vibration Analysis in Changeable Speeds Solved by Pseudo excitation Method, Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering Volume 2010, Article ID 802720, 14 pages doi:10.1155/2010 /802720