

## **Distribusi Tegangan Pada Rangka Sepeda Gunung Dengan Konfigurasi Desain Yang Berbeda**

**Bambang Daryanto W. dan Gunarto Wibowo**

Jurusan Teknik Mesin, FTI – ITS

Surabaya 60111

e-mail : bambang@me.its.ac.id

### **Abstrak**

*Disamping sebagai alat transportasi, sepeda banyak digunakan orang sebagai sarana olahraga maupun rekreasi. Di pasaran dijumpai berbagai variasi desain rangka sepeda, yang dirancang untuk menarik minat pembeli. Adanya variasi tersebut mendorong dilakukannya studi komparatif antar desain.*

*Pada studi yang dilaporkan, komparasi dilakukan dari sudut pandang teknis, yaitu analisa terhadap distribusi tegangan yang terjadi pada rangka sepeda dengan desain yang berbeda akibat dikenai beban yang sama (dalam hal ini berat pengendara). Analisa distribusi tegangan dilakukan pada dua konfigurasi dasar yang berbeda, seperti tertera pada gambar Gambar 1, yang oleh sebuah pabrikan telah diproduksi secara massal dan diedarkan ke pasar. Analisa juga dilakukan terhadap dua konfigurasi da-sar yang dimodifikasi dengan memberikan kelengkungan pada batang melintang atas. Analisa dilakukan dengan metoda elemen hingga, yang didahului oleh analisa distribusi berat pengendara pada lima titik pembebanan : di pedal, di kemudi, dan di sadel.*

*Dari analisa terhadap empat model rangka dengan pembebanan yang berasal dari pengenda-raan normal, diketahui bahwa (lihat Gambar 1) tegangan tertinggi terjadi di daerah 1, dimana model LAN memberikan nilai terbesar. Model WED bisa menurunkan nilai tertinggi ini, tetapi memberikan ke-naikan tegangan secara signifikan di daerah 5, 7, dan 8; meskipun nilainya masih dibawah tegangan di daerah 1. Kelengkungan batang 4-5 yang diberikan pada model LAN akan menurunkan nilai tegangan di daerah 1 dengan tanpa perubahan yang signifikan pada tegangan di titik-titik pengamatan yang lain. Kelengkungan batang 4-5 pada model WED tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap model WED dasar.*

*Kata kunci : rangka sepeda, distribusi tegangan, metoda elemen hingga*

### **Pendahuluan**

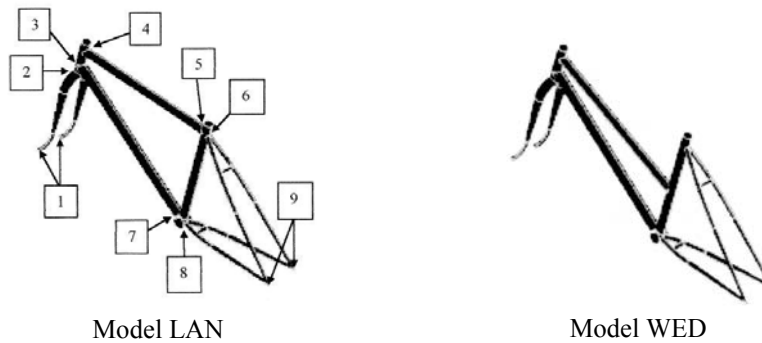
Sepeda dikenal sebagai sarana transportasi yang tergolong murah dan praktis, dimana untuk bersepeda seseorang tidak memerlukan *skill* istimewa dan ijin khusus (SIM). Sepeda bersifat *user friendly*, yang mudah dirawat oleh pemilik. Disamping itu, sepeda juga banyak digunakan sebagai sarana olahraga atau rekreasi, antara lain karena operasinya yang ramah lingkungan.

Penggunaan sepeda yang semakin luas ditandai oleh makin bertumbuhnya pabrikan pembuat sepeda dan makin beragamnya konfigurasi desain sepeda yang dijumpai sehari-hari. Variasi desain dilakukan antara lain untuk memenuhi preferensi pengguna (Hollenhorst, Schuett, Olson, dan Chavez, 1995). Inovasi dan penelitian dapat dilakukan oleh pabrikan, kelompok peneliti di perguruan tinggi (BYU, 2005), atau perorangan (Tseng, 2000; Piszkin, 1995); baik mengenai konfigurasi desain maupun material desain. Penggunaan model virtuil dalam me-desain rangka sepeda gunung antara lain dilaporkan oleh Lindemann, Assmann, dan Stetter (1999). Sedangkan penerapan metoda elemen hingga untuk analisa rangka sepeda gunung dapat ditemui di University of Sheffield, UK (2007).

Dalam me-desain sepeda, konfigurasi dari rangka sepeda sering menjadi fokus interes. Hal tersebut dikarenakan rangka sepeda merupakan struktur penerima / pendukung beban utama pada sepeda. Rangka sepeda yang baik haruslah mampu menahan beban yang diterima dengan tanpa melebihi batas aman kekuatan strukturnya. Kegagalan yang dialami rangka sepeda bisa berpengaruh langsung terhadap keamanan pengendaranya. Sedangkan distribusi tegangan pada rangka sepeda akan memberikan gambaran tentang daerah-daerah dimana terjadi konsentrasi / nilai tegangan yang tinggi, yang selanjutnya bisa dipakai sebagai panduan dalam proses desain maupun manufaktur. Dengan adanya variasi dari desain sepeda, menyebabkan studi komparatif antar desain rangka sepeda menjadi hal yang menarik untuk dilakukan.

## Metodologi

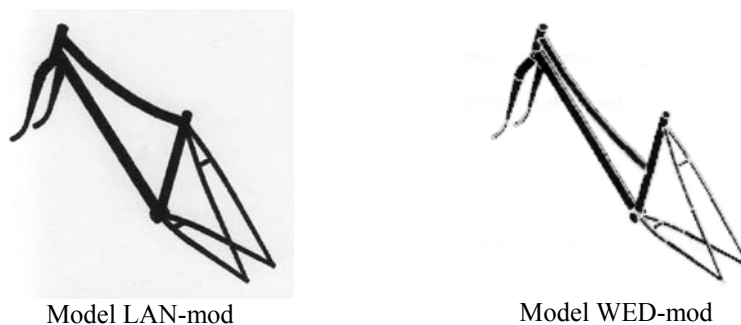
Studi yang dilakukan adalah dari sudut pandang teknis, yaitu investigasi distribusi tegangan yang terjadi pada rangka sepeda gunung dengan konfigurasi desain yang bervariasi, jika rangka sepeda dikenai beban yang sama. Analisa distribusi tegangan dilakukan pada dua konfigurasi dasar yang berbeda, seperti tertera pada gambar dibawah, yang oleh sebuah pabrikan telah diproduksi secara massal dan diedarkan ke pasar (model LAN dan WED).



Gambar 1. Variasi Dasar Desain Rangka Sepeda

Angka yang tertera pada gambar menandai daerah interes berkenaan dengan distribusi tegangan yang terjadi, yaitu daerah-daerah dimana nilai tegangan yang terjadi relatif lebih tinggi daripada daerah di-dekatnya.

Disamping itu, dilakukan pula analisa tegangan pada dua model rangka sepeda gunung yang merupakan modifikasi terhadap dua model dasar LAN dan WED, yaitu dengan memberikan kelengkungan pada batang melintang atas 4-5. (Lihat gambar berikut.)



Gambar 2. Modifikasi Desain Dasar

Analisa distribusi tegangan dilakukan dengan metoda elemen hingga, memanfaatkan sebuah paket perangkat lunak komersial (ANSYS). Dalam hal ini beban yang diterima oleh rangka sepeda adalah beban akibat berat pengendara sendiri, dengan posisi / perilaku pengendara normal (tidak membalap atau *jumping*).

Garis besar langkah-langkah yang dilakukan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

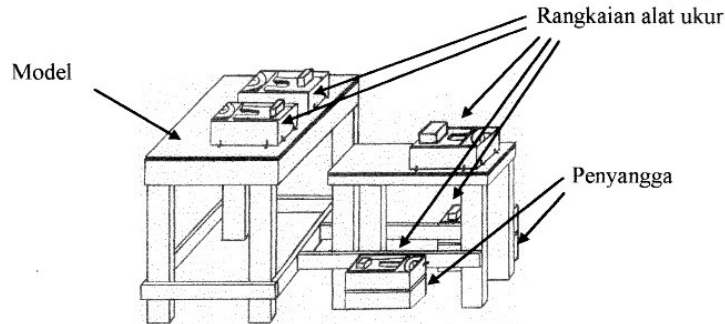
- Pengumpulan data : geometri dan material rangka sepeda, dan berat pengendara
- Penentuan distribusi berat pengendara di lima titik pembebanan pada sepeda
- Pemodelan geometri, pembuatan *mesh* dan penentuan *constraints*
- Analisa tegangan akibat beban yang diberikan, menurut metoda elemen hingga
- Komparasi antar model rangka berdasar tegangan yang terjadi

## Distribusi Berat Pengendara

Beban yang diperhitungkan pada studi ini adalah berat pengendara dalam posisi / perilaku pengendara normal. Berat tersebut kemudian didistribusikan ke lima titik pembebanan pada sepeda,

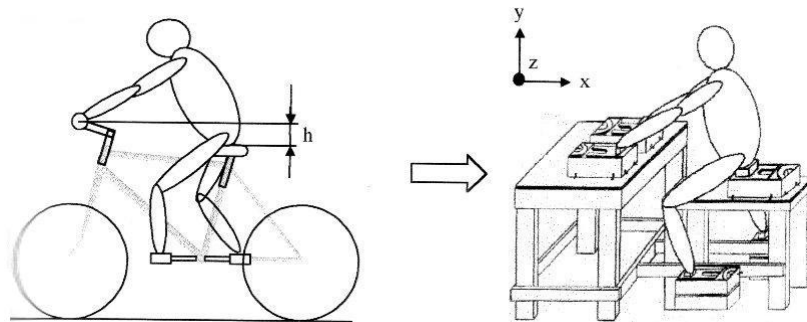
yaitu : dua di pedal, dua di kemudi, dan satu di sadel sepeda. Distribusi beban ini kemudian dialihkan ke rangka, dengan memperhitungkan momen yang muncul akibat pemindahan titik kerja beban.

Penentuan distribusi beban akibat berat pengendara dilakukan dengan sebuah eksperimen sederhana, menggunakan lima alat ukur berat yang dilengkapi dengan luncuran. Disetiap alat ukur terdapat dua timbangan berat, untuk pengukuran arah vertikal (arah y) dan arah ke depan-belakang (arah x).



Gambar 3. Rangkaian Alat Ukur Distribusi Berat

Gambar 4 mengilustrasikan pengukuran untuk posisi pengendalian normal. Sadel diatur kedudukannya : lebih rendah, sama tinggi, lebih tinggi daripada / dengan garis ketinggian kemudi. Untuk setiap posisi sadel dilakukan pengukuran berulang kali (20 kali), dan kemudian dihitung rata-rata prosentase distribusi beban.

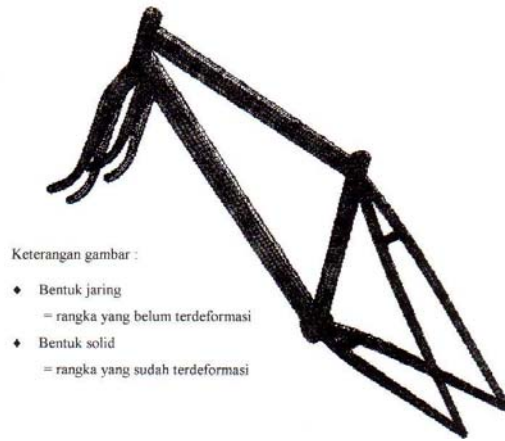


Gambar 4. Ilustrasi Pengukuran Distribusi Berat

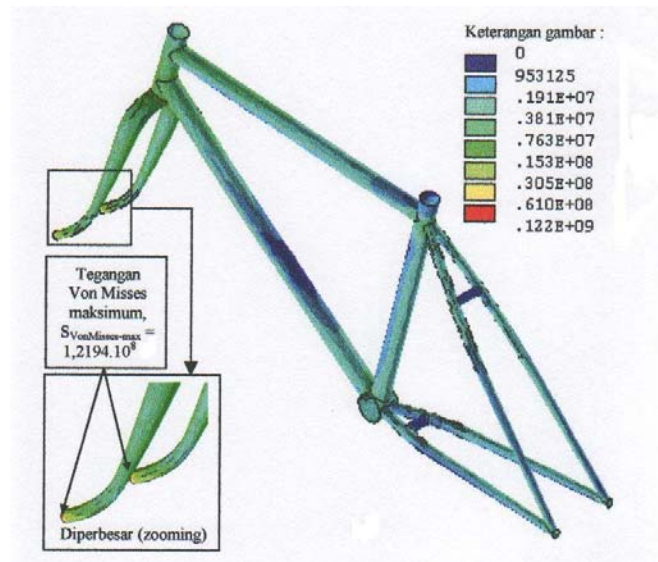
## Hasil dan Pembahasan

Gambar 5 menunjukkan suatu contoh bentuk terdeformasi yang di-overlay-kan pada bentuk mula rangka sepeda. Pada gambar tersebut terlihat *mesh* dari model geometri rangka sepeda gunung, dimana diskritisasi obyek dilakukan untuk keperluan analisa deformasi dan distribusi tegangan menurut metoda elemen hingga.

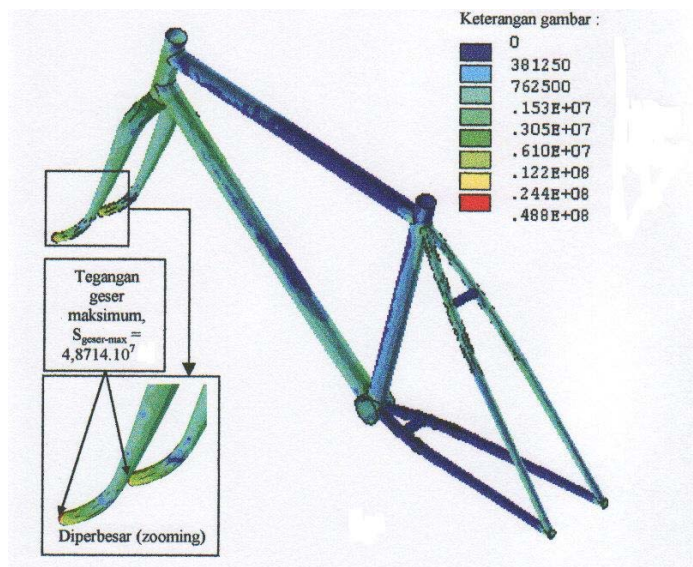
Gambar 6 (tegangan von Misses) dan Gambar 7 (tegangan geser) merupakan contoh *contour* distribusi tegangan yang terjadi pada rangka sepeda gunung akibat pembebanan yang berasal dari berat pengendara dalam posisi pengendalian normal.



Gambar 5. Deformed- dan Undeformed Shape



Gambar 6. Distribusi Tegangan von Mises



Gambar 7. Distribusi Tegangan Geser

Salah satu contoh (dalam hal ini diambil untuk model LAN) hasil analisa tegangan pada sembilan daerah pengamatan, untuk Posisi-a (kemudi pada kemungkinan posisi tertinggi, sadel 19 cm lebih rendah), Posisi-b (kemudi pada kemungkinan posisi tertinggi, sadel sama tingginya), Posisi-c (kemudi pada kemungkinan posisi tertinggi, sadel 10 cm lebih tinggi), dengan pengendaraan normal (tidak membalap atau *jumping*), ditabulasikan dalam tabel berikut.

Tabel I. Tegangan von Mises dan Tegangan Geser Untuk Model LAN

Posisi Pengendaraan	Tegangan von Mises (N/m <sup>2</sup> ) Pada Daerah Pengamatan								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Posisi-a	5.085E7	2.623E7	2.069E7	5.078E6	5.048E6	1.104E7	1.075E7	9.061E6	7.094E6
Posisi-b	5.340E7	2.727E7	2.179E7	6.108E6	4.912E6	1.050E7	9.902E6	8.508E6	6.841E6
Posisi-c	5.667E7	2.867E7	2.321E7	5.342E6	4.925E6	1.020E7	9.622E6	8.281E6	6.756E6
	Tegangan Geser (N/m <sup>2</sup> ) Pada Daerah Pengamatan								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Posisi-a	2.032E7	9.912E6	5.695E6	2.328E6	1.241E6	5.039E6	3.637E6	3.958E6	3.830E6
Posisi-b	2.133E7	1.031E7	6.012E6	2.476E6	1.194E6	4.804E6	3.213E6	3.558E6	3.687E6
Posisi-c	2.264E7	1.084E7	6.413E6	2.390E6	1.183E6	4.688E6	3.121E6	3.294E6	3.637E6

Nilai-nilai yang ditabulasikan diatas mencerminkan karakteristik tipikal dari keempat model yang dianalisa. Tegangan tertinggi terjadi di daerah 1 (ujung garpu depan), yang nilainya meningkat sejalan dengan posisi sadel yang meninggi. Daerah dengan tegangan tinggi berikutnya adalah daerah 2 dan 3 (pertemuan antara batang melintang bawah dengan garpu depan), yang tegangannya juga mengalami peningkatan dengan semakin tingginya posisi sadel. Pada bagian belakang rangka, tegangan tinggi terjadi di daerah 6 (bagian batang tegak rangka, dekat sadel). Disamping itu, tegangan yang terjadi di daerah 7 dan 8 (pertemuan rangka dengan poros pedal) juga perlu mendapatkan perhatian. Untuk tegangan-tegangan tersebut nilainya mengalami kenaikan dengan semakin rendahnya posisi sadel.

Komparasi antar desain yang berbeda, secara tipikal diwakili oleh tabel berikut yang menampilkan nilai tegangan von Mises untuk Posisi-b (sadel sama tingginya dengan ketinggian kemudi).

Tabel II. Tegangan von Mises Untuk Variasi Model

Konfigurasi Model	Tegangan von Misses (N/m <sup>2</sup> ) Pada Daerah Pengamatan								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LAN	5.340E7	2.727E7	2.179E7	6.108E6	4.912E6	1.050E7	9.902E6	8.508E6	6.841E6
LAN-mod	3.721E7	2.731E7	2.349E7	6.087E6	5.842E6	1.021E7	1.105E7	9.816E6	6.254E6
WED	4.450E7	2.721E7	1.981E7	7.746E6	3.733E7	2.233E7	2.255E7	2.831E7	1.359E7
WED-mod	5.325E7	2.559E7	2.153E7	8.398E6	2.947E7	2.272E7	2.328E7	3.257E7	1.755E7

Dengan adanya variasi dari konfigurasi model yang dijadikan subyek analisa, tegangan yang tertinggi tetap terjadi di daerah 1. Dibandingkan dengan model LAN, model WED memberikan efek turunya nilai tegangan tertinggi yang terjadi. Tetapi model WED menyebabkan kenaikan tegangan yang signifikan di daerah 5, 7 dan 8; meskipun tegangan yang terjadi di daerah-daerah tersebut masih dibawah tegangan yang terjadi di daerah 1. Efek penurunan terbesar terhadap tegangan di daerah 1 diberikan oleh model LAN yang dimodifikasi (diberi kelengkungan pada batang 4-5); sementara bisa dikatakan tidak terjadi pengaruh yang nyata di daerah lain akibat modifikasi tersebut. Kecuali di daerah 1 (terjadi kenaikan tegangan), modifikasi yang dilakukan untuk model WED umumnya tidak memberikan efek yang signifikan terhadap model WED dasar.

Dari data tentang rangka sepeda gunung yang dianalisa diketahui bahwa material rangka adalah SPHT2 (JIS G-3132), dengan kekuatan tarik sebesar  $3.43 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup>. Dengan demikian tegangan tertinggi yang terjadi (di daerah 1) masih bisa diterima oleh struktur rangka.

## Konklusi

Dengan dilaksanakannya analisa tegangan terhadap empat model rangka sepeda gunung, yaitu LAN, LAN-mod, WED, WED-mod (lihat Gambar 1 dan 2), dari sisi teknis dapatlah ditarik sejumlah kesimpulan :

- Tegangan tertinggi terjadi di daerah 1 (ujung garpu depan).
- Model WED menurunkan nilai tegangan tertinggi, disertai dengan kenaikan tegangan yang signifikan di bagian belakang dari rangka
- Jika dibandingkan dengan model dasar, kelengkungan pada batang melintang-atas umumnya tidak memberikan pengaruh yang signifikan di sebagian besar rangka,. Jika kelengkungan diberikan pada model LAN akan menurunkan nilai tegangan di daerah 1 secara nyata, sedangkan jika kelengkungan diberikan pada model WED akan menaikkan nilai tegangan di daerah 1.

## Referensi

- BYU (2005), "Carbon Fiber and Kevlar Make Ultralight Bike Frame", Technical Report, BYU, Provo, Utah
- Hollenhorst, S.J., M. Schuett, D.Olson, and D.J. Chavez (1995), "An Examination of the Characteristics, Preferences, and Attitudes of Mountain Bike Users of the National Forests", *Journal of Park and Recreation Administration*, vol. 13, no. 3, pp. 41-51
- Japanese Standards Association (1984), *JIS Handbook : Ferrous Materials and Metallurgy*, JSA, Tokyo
- Lindemann, Udo, G. Assmann, and R. Stetter (1999), "The Development of a Mountain-Bike Frame", Research Report, Technische Universitat Munchen
- Piszkin, Thomas M. (1995), "Adjustable Cantilever-Seat Bike-Frame", US Patent no. 5474317
- Tseng, Ding-Huang (2000), "Mountain Bike Frame", US Patent no. 6161858
- University of Sheffield (2007), "Assessment of Structures for Optimised Monitoring", [www.shef.ac.uk](http://www.shef.ac.uk)