

## PENGARUH VARIASI BERAT PENGEMUDI TERHADAP PERANCANGAN KEKUATAN KONSTRUKSI RANGKA SEPEDA HYBRID TRISONA

**Bambang Setyono<sup>1</sup>, Mrihrenaningtyas<sup>2</sup>, Abdul Hamid<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, <sup>3</sup>Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
[bambang@itats.ac.id](mailto:bambang@itats.ac.id) , [nink65@yahoo.com](mailto:nink65@yahoo.com) , [Hamid.elektro@gmail.com](mailto:Hamid.elektro@gmail.com)

### INTISARI

Rangka merupakan komponen utama dari konstruksi sepeda yang berfungsi menyangga keseluruhan beban, oleh karena itu perhitungan kekuatan rangka menjadi sesuatu yang penting. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan konstruksi rangka sepeda saat mendapatkan berat pengemudi yang berbeda-beda secara simulasi menggunakan software autodesk inventor. Rangka sepeda hybrid trisona yang dirancang berdiameter 1 inchi, material mild steel kekuatan tarik maksimum 345 MPa berukuran panjang 1200 mm, lebar 180 mm, dan tinggi 618 mm. Berat pengemudi sepeda disimulasikan mulai dari 0 kg, 65 kg, 85 kg, dan 95 kg. Model rangka di meshing hingga menjadi 60.385 elements dan 119.571 nodes kemudian di running program sehingga diperoleh hasil analisis distribusi tegangan utama von mises, displacement, dan safety factor. Safety factor terkecil terjadi di sambungan rangka bawah depan dengan rangka depan bagian bawah yaitu 8,93 (0 kg) ; 2,72 (65 kg) ; 2,19 (85 kg) ; 1,99 (95 kg). Safety factor terbesar terjadi di rangka depan bagian atas sebesar 15 untuk semua berat pengemudi. Makin besar berat pengemudi maka safety factor semakin mengecil, artinya konstruksi semakin tidak aman. Berdasarkan analisis safety factor maka batas maksimal kekuatan rangka adalah beban pengendara 85 kg, untuk beban pengendara 95 kg konstruksi rangka tidak aman.

**Kata kunci :** rangka, sepeda hybrid trisona, rangka, von misses , displacement, safety factor

### 1. PENDAHULUAN

Sepeda merupakan satu alat transportasi roda dua yang murah dan banyak digunakan. Di beberapa negara, sepeda telah diperkenalkan sebagai bagian dari sistem transportasi perkotaan untuk memperluas aksesibilitas sistem transportasi umum ke tujuan akhir. Sistem sepeda publik telah dipromosikan di kota-kota urban di seluruh dunia seperti Paris, Barcelona, Berlin, Montreal, Salt Lake City (Lin & Yang, 2010). Penggunaan sepeda dapat membantu mengurangi polusi udara yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar dan memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan moda transportasi lainnya (Guitink, et al., 1994).

Beberapa kelebihan sepeda diantaranya adalah tidak perlu bahan bakar, tidak menimbulkan polusi udara maupun suara, murah, ringan dan menyehatkan. Namun demikian sepeda juga memiliki beberapa keterbatasan yaitu pada daya jelajah dan kecepatan. Pada perkembangannya mulailah digunakan sepeda motor dengan bahan bakar bensin. Disatu sisi mampu mengatasi keterbatasan daya jelajah dan kecepatan, namun disisi lain menimbulkan pencemaran udara. Untuk mengatasi hal ini munculah teknologi sepeda listrik. Dengan sepeda listrik ini tidak menimbulkan pencemaran udara karena tidak ada pembakaran, hanya memiliki sedikit kekurangan yaitu keterbatasan daya listrik dan lamanya waktu untuk pengisian kembali daya listrik (*recharger*).

Berangkat dari keterbatasan-keterbatasan yang dimiliki sepeda pancal, sepeda penggerak udara bertekanan tinggi, dan sepeda listrik maka diciptakanlah sepeda trisona. Sepeda trisona adalah sepeda yang memiliki tiga sumber gerak yaitu gerak manual pancal pedal, gerak motor *pneumatic* dari udara bertekanan tinggi dan gerak dari motor listrik. Dengan demikian ketiga sumber gerak ini akan saling melengkapi.

Salah satu komponen utama dalam konstruksi sepeda adalah rangka atau frame. Rangka ini merupakan penyangga dari keseluruhan konstruksi sepeda. Untuk itulah perancangan kekuatan rangka merupakan sesuatu yang sangat penting. Analisis desain konstruksi rangka sepeda pada prinsipnya dapat dilakukan secara manual maupun melalui simulasi program. Mengingat konstruksi yang kompleks, maka analisis konstruksi secara manual memiliki berbagai keterbatasan, karena harus melakukan beberapa asumsi yang menyebabkan adanya penyimpangan terhadap hasil yang diperoleh, oleh karena itu untuk meningkatkan akurasi hasil analisis, maka analisis perancangan konstruksi rangka sepeda trisona dilakukan menggunakan simulasi *software autodesk*

*inventor pro 2015* karena di dalam *software* tersebut dilengkapi fitur-fitur yang mendukung untuk menganalisa distribusi tegangan, *displacement*, dan *safety factor* dengan mudah dan cepat.

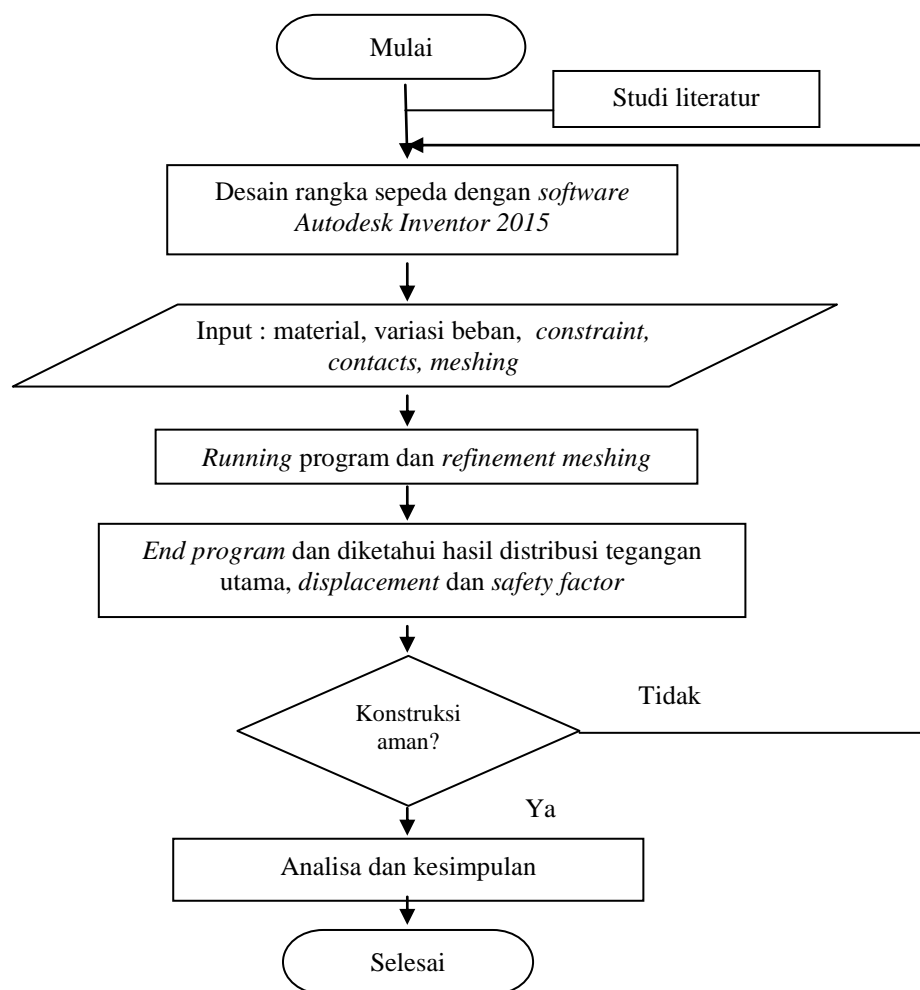
Tujuan dari penelitian ini adalah membuat rancangan rangka sepeda trisona sekaligus melakukan analisis kekuatan konstruksinya dengan parameter distribusi tegangan, *displacement*, dan angka keamanan menggunakan *software autodesk inventor professional 2015* dengan berat pengemudi yang divariasikan mulai 0 kg , 65 kg, 85 kg, dan 95 kg.

## 2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Desain, CNC & CAD-CAM dan di Workshop Teknologi Tepat Guna ITATS. Penelitian berupa merancang desain sepeda Trisona kemudian melakukan analisis kekuatan konstruksi dengan berat pengemudi bervariasi menggunakan *software autodesk inventor professional 2015*. Variabel bebas dan tak bebas dirancang sebagai berikut :

- Variabel bebas : berat pengemudi yaitu 0 kg, 65 kg, 85 kg, 95 kg.
- Variabel tak bebas : distribusi tegangan utama, *displacement*, dan angka keamanan.

Alur penyelesaian ditunjukkan dengan diagram alir di bawah ini :

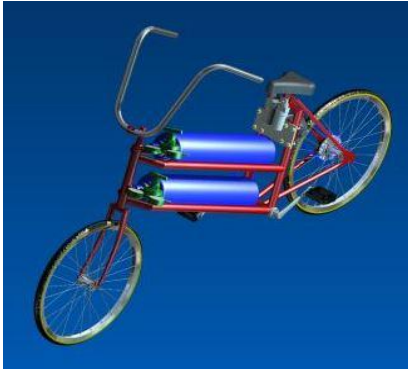


Gambar 1. Flowchart penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Desain 3D keseluruhan dan rangka sepeda Trisona

Desain 3 D sepeda Trisona secara keseluruhan dan rangka hasil rancangan menggunakan *software autodesk inventor* dapat dilihat seperti pada gambar 3 dan 4 di bawah ini.

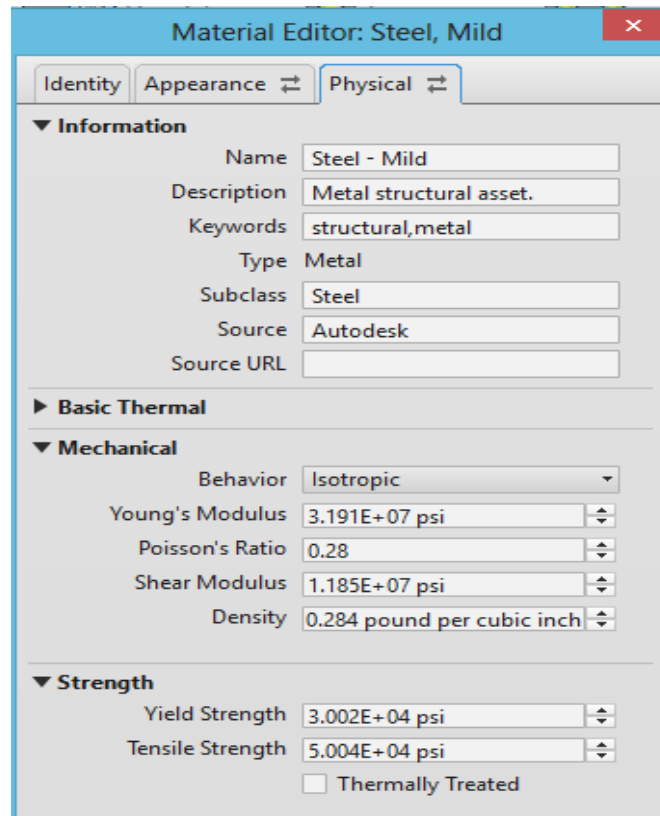


Gambar 2. Desain Sepeda Trisona

Gambar 3. Exploded View Rangka Sepeda Trisona

### 3.2. Verifikasi Material

Pada *software Autodesk Inventor*, material ditentukan pada saat proses pemodelan setiap *part*. Material pada setiap *part* tersebut akan diverifikasi ulang saat proses pengujian. Verifikasi material tersebut terdapat pada *material properties* dan juga akan ditampilkan saat meminta *report* dari hasil *running* simulasi. Tampilannya seperti pada tampilan berikut ini :



Gambar 4. Tampilan *Material Properties*

Tabel 2. Material Properties

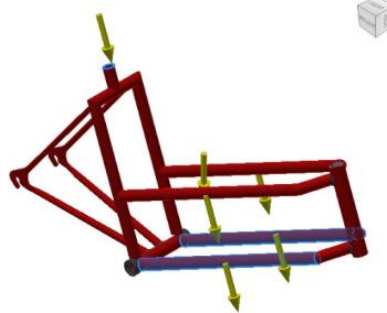
#### Material(s)

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7.85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0.275 ul
	Shear Modulus	86.2745 GPa

### 3.3. Menentukan Constraint dan Pembebanan

Langkah berikutnya adalah menentukan *constraint* dilakukan dengan acuan posisi dari tumpuan yang ada pada produk desain yang telah dimodelkan. *Constraints* dapat berupa *fixed constraints*, *pin constraints*, dan *friction constraints*. Sedangkan beban atau berat pengemudi dibuat bervariasi mulai dari 0 kg, 65 kg, 85 kg dan 95 kg.

Rangka tidak hanya menerima beban dari pengemudi saja, namun juga menerima beban dari berat rangka itu sendiri, motor pneumatik, tabung udara beserta perlengkapannya.



Gambar 4. Tampilan pembebanan gaya pada rangka sepeda

### 3.4. Meshing, Running Program, dan Refinement Meshing

Langkah utama dalam analisis struktur menggunakan metode elemen hingga adalah proses *meshing*, dimana sistem kontinu benda yang akan dianalisis didiskritisasi sehingga struktur utama menjadi elemen-elemen yang memiliki ukuran lebih kecil dan berjumlah tertentu dan berhingga. Pada simulasi saat ini, rangka dijadikan 60.385 *elements* dan 119.571 *nodes*.

Proses *Running* dilakukan setelah seluruh proses pra-analisa dan *meshing* dilakukan. Proses *running* tersebut berjalan dengan pembacaan proses perhitungan dengan metode *Finite Element Analysis (FEM)*.

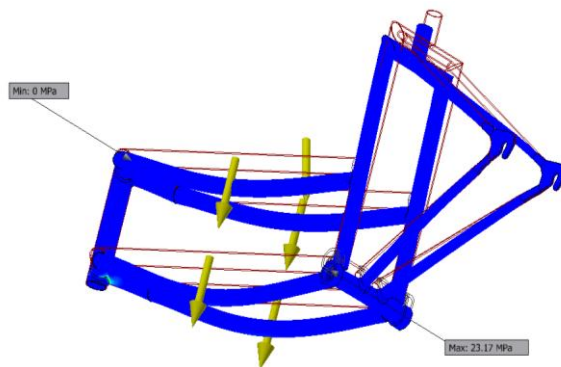
Proses *Refinement Meshing* adalah proses penghalusan jumlah *element* dan *nodes* pada bagian yang mengalami tegangan yang kritis. Pada bagian yang mengalami tegangan maksimum tersebut, dilakukan proses *refinement meshing* dengan menggunakan fitur *local mesh control*. Proses ini dilakukan setelah proses *running* pertama selesai sehingga bisa didapat hasil yang akan lebih mendekati akurat.

### 3.5. End Simulation

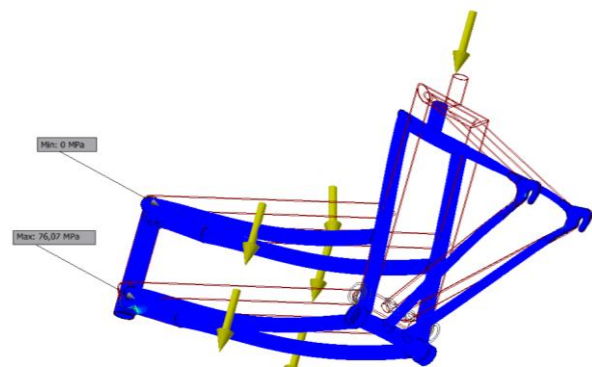
Setelah proses *running*, maka didapat hasil-hasil dari simulasi tersebut. Terdapat beberapa hasil yaitu berupa *von misses stress*, *1<sup>st</sup> principal stress*, *3<sup>rd</sup> principal stress*, *displacement*, dan *safety factor*.

### 3.6. Von Mises Stress

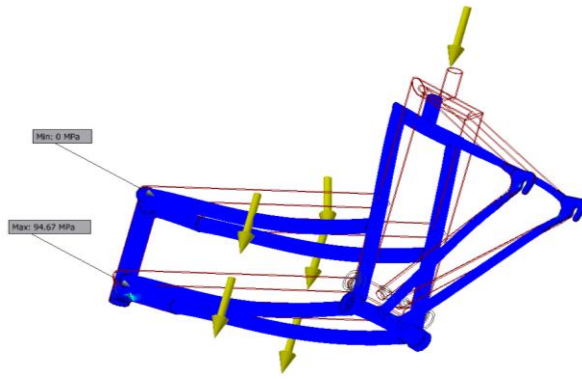
Tegangan salah satu *post-processor* adalah hasil perhitungan hubungan tegangan – regangan pada model benda, regangan diperoleh dari *deformation* yang dialami model. Tegangan ekuivalen yang digunakan metode *Von-Mises* dengan berat pengemudi yang bervariasi.



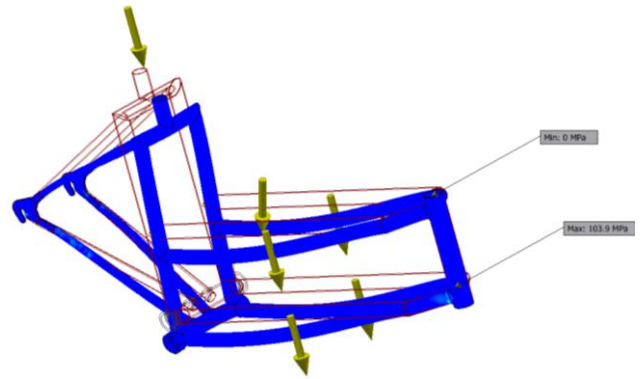
Gambar 5.a. Pengemudi 0 kg (23,27 MPa)



Gambar 5.b. Pengemudi 65 kg (76,07 MPa)

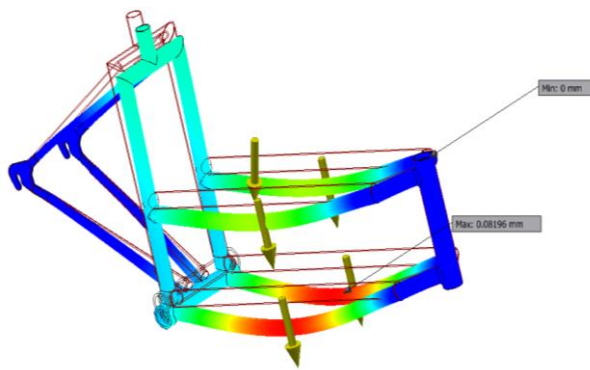


Gambar 5c. Pengemudi 85 kg (94,67 MPa)

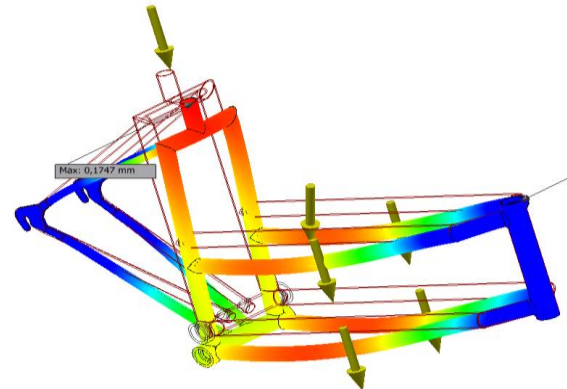


Gambar 5d. Pengemudi 95 kg (103,9 MPa)

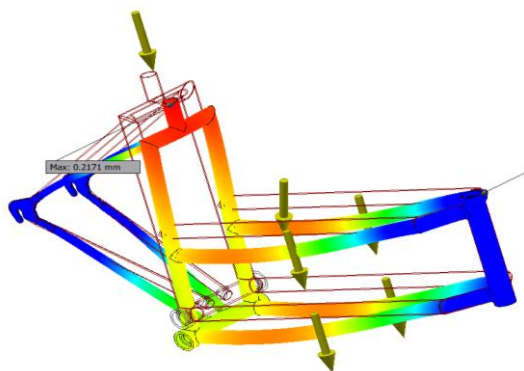
Total displacement rangka sepeda disetiap besar berat pengemudi dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini.



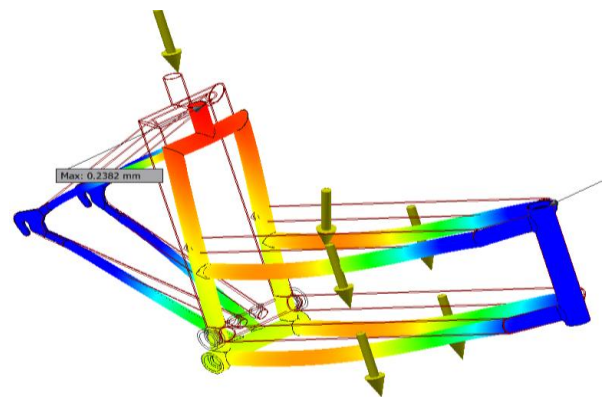
Gambar 6a. Pengemudi 0 kg (0,081 mm)



Gambar 6b. Pengemudi 65 kg (0,174 mm)



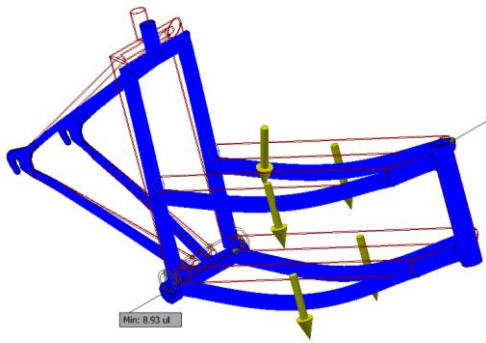
Gambar 6c. Pengemudi 85 kg (0,2171 mm)



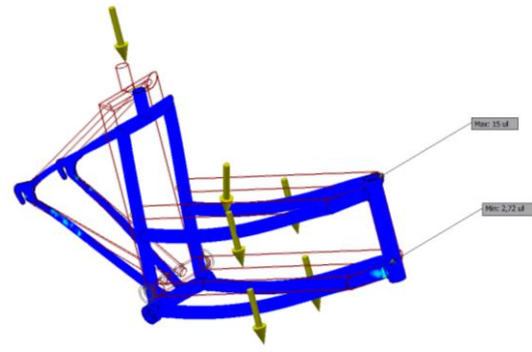
Gambar 6d. Pengemudi 95 kg (0,2382 mm)

Gambar 6. Total displacement pada rangka sepeda dengan variasi berat pengemudi

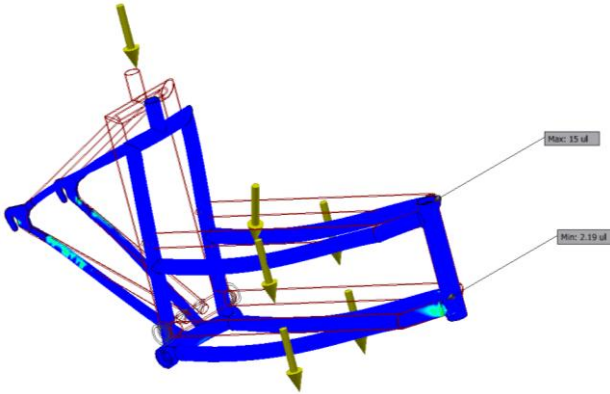
Minimum safety factor atau angka keamanan terendah konstruksi rangka sepeda dengan variasi berat pengemudi dapat dilihat pada gambar berikut ini.



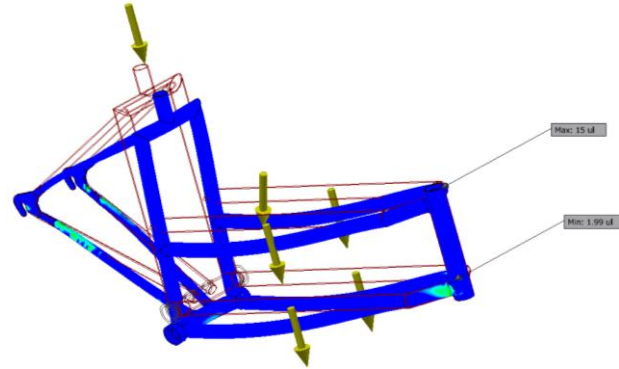
Gambar 7a. Pengemudi 0 kg (8,93)



Gambar 7b. Pengemudi 65 kg (2,72)



Gambar 7c. Pengemudi 85 kg (2,19)



Gambar 7d. Pengemudi 95 kg (1,99)

Gambar 7. Angka keamanan terkecil kontruksi rangka dengan variasi berat pengemudi

Tegangan ekuivalen, *total displacement* dan angka keamanan minimum rangka sepeda dengan variasi berat pengemudi dapat di rekapitulasi pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Tabel Rekapitulasi Simulasi Konstruksi Rangka Sepeda

Hasil Simulasi		Berat Pengemudi			
		0 kg	65 kg	85 kg	95 kg
<i>Von misses</i>	<i>Maximum</i>	23,17 Mpa	76,07 MPa	94,67 MPa	103,9 MPa
	<i>Minimum</i>	0	0	0	0
<i>Displacement</i>	<i>Total</i>	0,0819 mm	0.1747 mm	0.2171 mm	0.2382 mm
	<i>Arah X</i>	0,03055 mm	0,1413 mm	0,1754 mm	0,1924 mm
	<i>Arah Y</i>	0,01549 mm	0,06294 mm	0,07754mm	0,08485mm
	<i>Arah Z</i>	0,07564 mm	0,1596 mm	0,1881 mm	0,2027 mm
<i>Principal Stress</i>	<i>Maximum</i>	27,65 MPa.	75,58 MPa	94,03 MPa	103,2 MPa
	<i>Minimum</i>	-5,13 MPa.	-26,41MPa	32,93 MPa	-36,2 MPa
<i>Shear Stress</i>	<i>Maximum</i>	2,9 MPa.	8.8MPa.	11 MPa	12 MPa
	<i>Minimum</i>	-22,86 MPa.	-112,1 MPa	-139,5 MPa	-153,3 MPa
<i>Safety factor</i>	<i>Maximum</i>	15	15	15	15
	<i>Minimum</i>	8,93	2,72	2,19	1,99

#### 4. KESIMPULAN

Tegangan ekuivalen terbesar terjadi pada sambungan antara *down tube* dengan *head tube*. *Displacement* terbesar terjadi pada pipa penyangga dibagian bawah sadel serta di *downtube* bagian tengah, serta angka keamanan terkecil terjadi di sambungan antara *down tube* dengan *head tube*. Pada berat pengemudi 0 sampai 85 kg, konstruksi rangka sepeda masih aman karena angka

keamanan terkecil antara 2,19 – 9,83, namun untuk berat pengemudi 95 kg konstruksi rangka sepeda tidak aman karena berdasarkan angka keamanannya dari Dobrovolsky untuk beban statis angka keamanan : 1,25 – 2 ; beban dinamis : 2 – 3 ; beban kejut 3 – 5 sedangkan angka keamanan yang terjadi pada beban tersebut 1,99. Semakin besar berat pengemudi, maka tegangan ekuivalen semakin besar, *displacement* semakin besar dan angka keamanan semakin kecil.

#### **UCAPAN TERIMA- KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Direktur Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat Kemenristek DIKTI yang telah memberi dukungan pendanaan terhadap penelitian ini melalui skim Penelitian Hibah Bersaing tahun anggaran 2016.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Andra Berlianto Tedja, 2012, *Analisa Tegangan dan Deformed Shape Pada Rangka Sepeda Fixie*, Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2012) 1-5
- Bambang Setyono, Setyo Gunawan, 2015. *Perancangan dan Analisis Chassis Mobil Listrik “Semut Abang ” Menggunakan Software Autodesk Inventor Pro 2013*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015 ISBN 978-602-98569-1-0
- Dobrovolsky, et al, 1974. *Machine Element*, Moscow MIR Publishers.
- Guitink, P., Holste S., Lebo J., 1994. *Non-motorized Transport: Confronting Poverty through Affordable Mobility*. <http://www.worldbank.org/html/fpd/transport/publicat/td-ut4.htm>
- Lin, J.-R., Yang, T.-H., 2010. *Strategic Design of Public Bicycle Sharing Systems with Service Level Constraints*. Transport. Res. Part E
- Luiz Carlos Gertz. at al, 2014. *Chassis Design for Electric Car Prototype*, SAE Technical Paper # 2014-36-2015.
- Mahardika, A. P. , 2011. *Introducing Autodesk Inventor*, Retrieved February 2013, from isometriview <http://isometriview.wordpress.com/2011/12/08/introducing-to-autodesk-inventor>.
- Pinem, Mhd. Daud, 2010. *Analisis Struktur dengan Metode Elemen Hingga (Finite Element Method)*, Bandung : Rekayasa Sains.
- Waguespack, Curtis. 2013. *Mastering Autodesk Inventor 2013 and Autodesk Inventor LT 2013*, Sybex.