

# ANALISA TEGANGAN PADA RANGKA *PROTOTYPE* KENDARAAN BUGE MENGUNAKAN ELEMEN HINGGA

Nano Yulianto, Rochmad Winarso  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus  
Gondang Manis, Bae, PO BOX 53 Kudus, Telp. (0291) 443844  
Email : boswin2001@gmail.com

## Abstrak

Kendaraan roda tiga (*Three Wheelers*) adalah salah satu kendaraan dengan inovasi dan teknologi terbaru yang saat ini berkembang. Kendaraan roda tiga ini didesain berdasarkan konsep kendaraan roda tiga untuk stabilitas, keselamatan dan kemampuan pengendalian maksimum dengan lebar total sekitar 1300 mm. Rancangan *prototype* ini memadukan konsep kendaraan buge dengan ATV, dimana suspensi bagian depan dirancang menggunakan dua *shock breaker* dengan lengan ayun di kiri dan kanan yang mampu bergerak dinamis layaknya ATV. Analisis pada rangka *prototype* kendaraan buge ini dilakukan dengan menggunakan *finite elemen software*. Tujuannya untuk mengetahui deformasi yang terjadi serta daerah kritis dan daerah aman pada rangka. Berat beban yang digunakan sebesar 1000 N yang merupakan berat penumpang 800 N dan berat mesin 200 N. Bahan yang digunakan adalah baja ST 42 dengan modulus elastisitas 200000 MPa, *Poisson ratio* 0.27, dan *yield strength* 415 MPa. Setelah proses analisis dilakukan, diperoleh tegangan *von Mises* maksimum (SMX) sebesar 78.518 MPa pada batang L46 (lengan ayun depan), Tegangan terendah (SMN) sebesar 0.079775 Mpa pada batang L22 (dudukan jok), *defleksi* yang terjadi (DMX) sebesar 3.745 mm, dan diperoleh faktor keamanan (*safety factor*) sebesar 5.285.

**Kata Kunci:** Rangka *prototype* kendaraan buge, Tegangan, metode elemen hingga

## Abstract

*Three-wheeled vehicles is one of the vehicles with the latest innovations and technologies that are currently evolving. Three-wheeled vehicle is designed based on the concept of three-wheeled vehicle for stability, safety and driving ability with a maximum total width of about 1300 mm. The design of this prototype is incorporates the concept of vehicles with ATVs buge, where the front suspension is designed using two shock absorber with a swinging arm on the left and right that can move dynamically as ATVs. Analysis in order buge prototype vehicle is done by using finite element software. The goal of this study is to determine the deformation that occurs as well as critical areas and secure areas in order. The load used in this simulation is 1000 N that is a combination of passenger weight (800 N) and heavy machinery (200 N). The material used is steel ST 42 with a modulus of elasticity of 200,000 MPa, Poisson ratio of 0,27, and the yield strength of 415 MPa. After the analysis is done, the maximum von Mises stress is obtained (SMX) is 78,518 MPa at L46 rod (swing arm front), the minimum von Mises stress (SMN) is 0,079775 MPa at the rod L22 (cradle seat), the deflection occurs (DMX) is 3,745 mm , and obtained safety factor is for 5,285.*

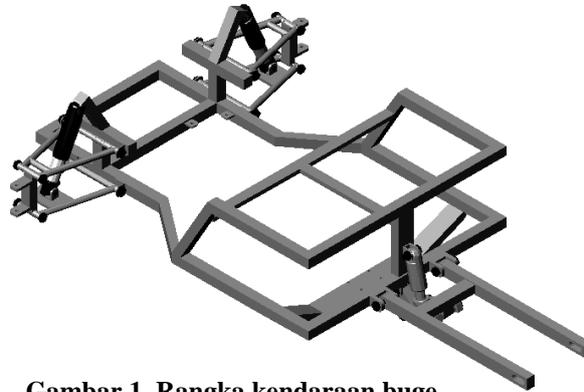
*Keywords:* Frame buge *prototype* vehicles, stress, finite element method

## 1. Pendahuluan

Kendaraan roda tiga (*Three Wheelers*) adalah salah satu kendaraan dengan inovasi dan teknologi terbaru yang saat ini berkembang. Hal tersebut dapat dilihat dengan munculnya berbagai produk baru dengan konsep roda tiga seperti piaggio MP 3, Buge, dan Peugeot Hybrid3 Evolution. Buge sendiri sudah diproduksi di Amerika oleh Mark Murphi dari *Blue Sky Design* 2008. Kendaraan roda tiga ini didesain berdasarkan konsep kendaraan roda tiga untuk stabilitas, keselamatan dan kemampuan pengendalian maksimum dengan lebar total sekitar 1300 mm yang membuat kendaraan ini nyaman dikendarai. Kendaraan ini juga menjanjikan pangsa pasar pada industri

pariwisata sebagai kendaraan wisata. Dalam pembuatan *prototype* kendaraan buge ini penulis memadukan konsep kendaraan buge dengan ATV.

Desain rangka *prototype* kendaraan buge ini dibuat berdasar kendaraan yang sudah ada dengan menambahkan inovasi dan melakukan modifikasi sehingga memberikan kelebihan dibanding kendaraan yang sudah ada. Rangka dari kendaraan ini didesain seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1. Rangka kendaraan buge.**

Rancangan *prototype* ini memadukan konsep kendaraan buge dengan ATV, dimana suspensi bagian depan dirancang menggunakan dua *shock breaker* dengan lengan ayun di kiri dan kanan yang mampu bergerak dinamis layaknya ATV. Rangka tengah didesain untuk menopang 1 orang pengendara dengan memperhatikan kenyamanan berkendara seperti mobil. Bagian rangka belakang mengaplikasikan suspensi tunggal (*monoshock*) yang di pasang di bagian tengah. Faktor keselamatannya didukung dengan sistem pengereman menggunakan rem tromol (*drum brake*) pada ketiga rodanya. Performa kendaraan ini sangat baik karena didukung dengan mesin 100 cc dari mesin sepeda motor 4 tak SOHC dengan pemindah daya menggunakan rantai sepeda motor sehingga kendaraan dapat melaju tidak terlalu cepat tapi punya power mesin yang besar dan stabil. Kendaraan ini juga dapat dikendarai baik siang maupun malam hari karena dilengkapi dengan lampu kepala, *stop light*, sein, dan klakson.

Beberapa pertimbangan diatas dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut bagaimana menganalisis rangka dengan metode elemen hingga menggunakan metode elemen hingga.

## **2. Tujuan Penelitian**

Merancang, menganalisis, dan membuat rangka *prototype* kendaraan buge dengan kapasitas satu penumpang yang berfungsi sebagai penopang mesin, *body*, suspensi, sistem kemudi dan lain-lain.

## **3. Tinjauan Pustaka**

### **a. Pengerian Chasis**

*Chasis* merupakan komponen utama kendaraan, yang mana berfungsi untuk mendukung keberadaan mesin, transmisi, pegas dan pada *chasis* itu pulalah di pasang *body* kendaraan. Astra motor (1995) mendefinisikan *system chasis* meliputi suspensi yang menopang poros, kemudi untuk mengatur arah kendaraan, roda, ban dan rem untuk menghentikan jalannya kendaraan.

Fungsi utama dari *frame chasis* adalah:

1. Untuk mendukung gaya berat dari kendaraan yang berpenumpang
2. Untuk menahan torsi dari mesin, kopling sentrifugal, aksi percepatan dan perlambatan, dan juga untuk menahan gaya torsi yang diakibatkan dari bentuk permukaan jalan.
3. Untuk menahan beban kejutan yang diakibatkan benturan dengan benda lain.
4. Sebagai landasan untuk meletakkan bodi kendaraan, mesin serta kopling sentrifugal, tangki bahan bakar, tempat duduk penumpang.

- Untuk menahan getaran dari mesin dan getaran yang ditimbulkan karena efek bentuk permukaan jalan

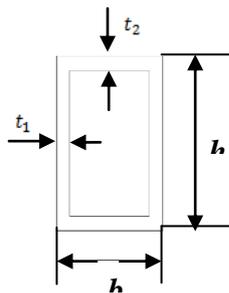
Rangka mobil yang banyak di gunakan adalah rangka jenis konvensional. Rangka ini harus dibuat kuat untuk menahan beban-beban yang ditempatkan padanya, ia harus tahan terhadap bengkok atau patah waktu kendaraan berjalan dan mengalami kejutan dengan gaya kejut tertentu.

Rangka konvensional jenis perimeter adalah salah satu jenis rangka yang sering digunakan pada kendaraan, dimana model atau bentuk dan bangun rangka ini berbentuk persegi dan biasanya digunakan pada kendaraan-kendaraan setengah berat.

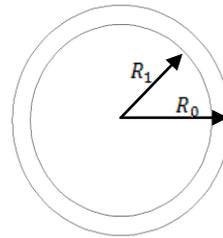
Rangka kendaraan mini *car* biasanya mengaplikasikan jenis-jenis rangka yang sudah ada. Seperti gokart, gokart *sport* menggunakan rangka jenis *frame chasis* yang biasanya berbahan pipa, digunakan untuk menahan sistem rigid dan biasanya dibutuhkan untuk menunjang kegunaannya yang membutuhkan akselerasi dan kecepatan tinggi. Sedangkan gokart *off road*, untuk menunjang kegunaannya di jalan bergelombang membutuhkan sistem suspensi yang baik dan rangka yang kuat untuk melindungi pengendaranya, maka gokart *off road* mengaplikasikan perpaduan rangka *integral/monoshock* dengan rangka konvensional jenis perimeter yang sudah dimodifikasi sedemikian rupa. Mini *car* yang lain seperti mobil buge dan mobil-mobil mini dengan satu sampai dua penumpang juga mengaplikasikan perpaduan antara rangka jenis *frame chasis* dengan rangka konvensional jenis perimeter yang sudah dimodifikasi.

#### b. Momen inersia

Mencari momen inersia pada penampang pipa profil kotak dan pipa bundar



$$J = \frac{(2 \cdot b^2) \cdot h^2 \cdot t_1 \cdot t_2}{b \cdot t_1 + h \cdot t_2}$$



$$J = \frac{1}{2} \pi (R_0^4 - R_1^4)$$

Tebal pipa =  $R_0 - R_1$

Dimana

- J = Momen inersia
- b = Lebar penampang pipa (mm)
- h = Tinggi penampang pipa (mm)
- t<sub>1</sub> = Tebal penampang 1 (mm)
- t<sub>2</sub> = Tebal penampang 2 (mm)
- R<sub>0</sub> = Jari jari lingkaran besar (mm)
- R<sub>1</sub> = Jari jari lingkaran kecil (mm)

#### 4. Faktor keselamatan (*safety factor*)

Besar safety factor adalah merupakan perbandingan antara besar yield strength dengan besar design stress dari tiap material

$$fs = \frac{YS}{DS}$$

Dimana  $fs = \text{Safety factor}$   
 $YS = \text{Yield Strength}$   
 $DS = \text{Design Stress}$

#### 5. Prosedur Penelitian

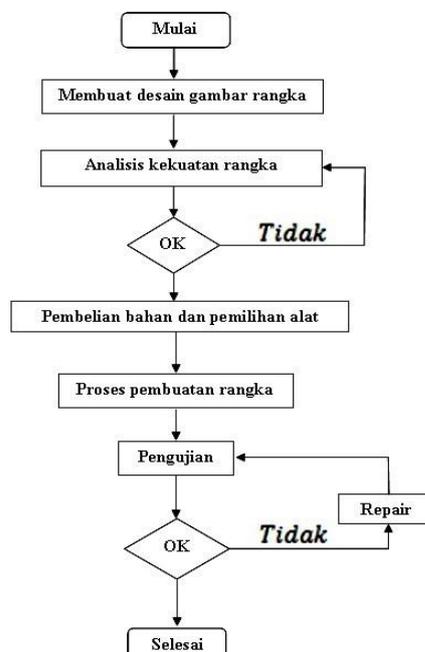
*Finite element software* adalah suatu *software* yang berbasiskan metode elemen hingga (MEH). MEH adalah suatu metode analisa dengan cara membagi sistem yang dianalisa menjadi elemen-elemen yang lebih kecil dengan bentuk yang sederhana, elemen-elemen tersebut terdiri dari beberapa nodal. Sehingga nodal tersebut merupakan representasi dari jenis pembebanan dan analisa yang diberikan pada sistem tersebut.

Prosedur *Finite Element Analysis* secara garis besar terdiri dari:

- *Preprocessor*, meliputi pembuatan *Area/Volume*, penentuan jenis elemen yang dipakai, spesifikasi material, *meshing*, dll.
- *Solution*, meliputi penentuan kondisi batas, jenis analisa, pemecahan masalah, dll.
- *General Postproc*, merupakan fasilitas untuk melihat hasil dari simulasi yang telah dilakukan.

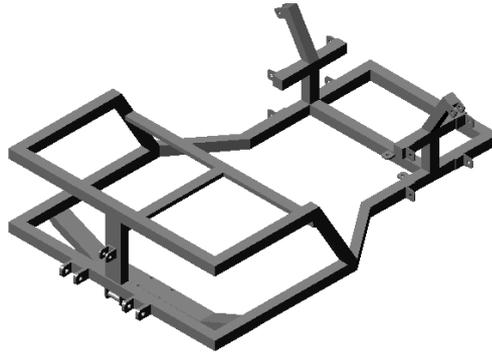
Dalam *analysis* rangka *prototype* kendaraan buge digunakan distribusi tegangan *von Misses*. *von Misses stress* dalam bidang material dan *engineering* sama dengan *tensile stress*, yang merupakan besaran scalar yang dapat dihitung dari *tensor stress* (Wikipedia). Dalam *software* paket *von Misses stress* merupakan tegangan efektif dimana material dianggap sebagai *ductile/liat*.

Berikut adalah flow chart proses perancangan, analisis, pembuatan rangka *prototype* kendaraan buge (Gambar 2).



Gambar 2. Flow chart proses perancangan dan pembuatan rangka.

Desain rangka/chasis kendaraan buge yang dianalisa adalah sebagai berikut (Gambar 3).



**Gambar 3. Desain rangka buge.**

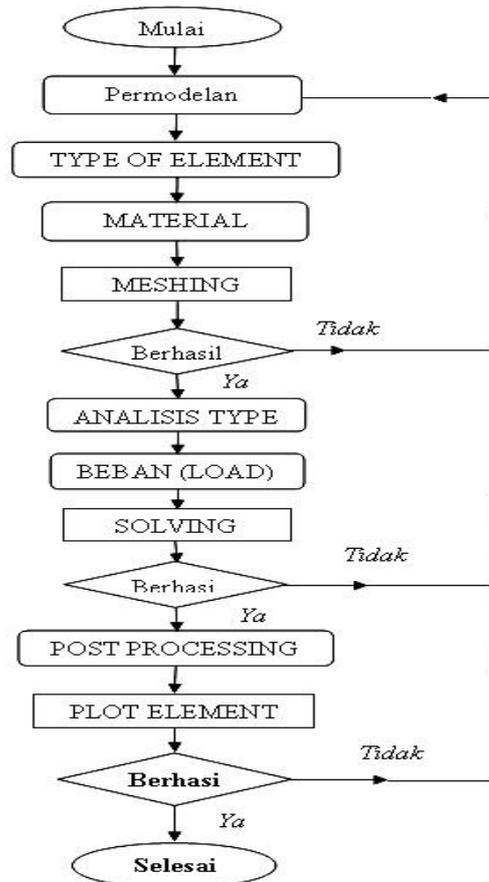
Pada simulasi pembebanan rangka kendaraan ini di desain dengan satu penumpang jadi beban yang ditanggung rangka adalah berat penumpang dan berat mesin. Berat penumpang di asumsikan 80kg, jadi  $80 \text{ kg} \times 9.81 = 784.8 \text{ N}$  dibulatkan 800 N dan Berat mesinnya adalah 22kg jadi  $22 \text{ kg} \times 9.81 = 215.82 \text{ N}$  dibulatkan 200 N.

Bahan yang digunakan pada pembuatan rangka kendaraan buge ini adalah baja ST 42 dengan modulus elastisitas 200.000 MPa, *Poisson ratio* 0.27, dan *yield strength* 415 MPa. Berikut hasil spesifikasi bahan yang digunakan dalam simulasi setelah dilakukan perhitungan (Tabel 1).

**Tabel 1 Spesifikasi bahan setelah disamakan berdasar momen inersi (Brown,Jr, 2005)**

No	Bagian	Jenis bahan	Ukuran (mm)	Material
1	Rangka utama	Besi pipa profil (o)	∅ 40 tebal 3.3	Baja ST 42
2	Lengan ayun depan	Besi pipa profil (o)	∅ 20 tebal 3	Baja ST 42
3	Lengan ayun belakang	Besi pipa profil (o)	∅ 40 tebal 3.2	Baja ST 42
4	Dudukan mesin	Besi pipa profil (o)	∅ 47.5 tebal 3.14	Baja ST 42
5	Dudukan jok	Besi pipa profil (o)	∅ 27.5 tebal 2.75	Baja ST 42

Langkah simulasi pembebanan dengan menggunakan *finite element software* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir simulasi.

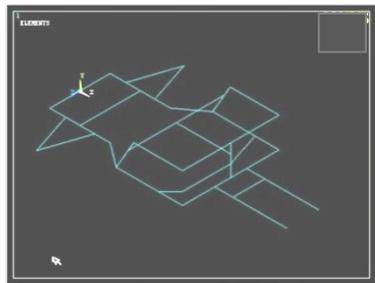
## 6. Proses permodelan

1. Menentukan titik-titik (*keypoints*) pada sistem koordinat dengan langkah sebagai berikut: Pilih *Main Menu* > *Preprocessor* > *Modeling* > *Create* > *Keypoints* > *In Active CS* kemudian akan muncul menu *Create Keypoints in Active Coordinate*, masukkan ke 38 titik koordinat yang telah ditentukan > OK.
2. Membuat garis (*lines*) dengan langkah sebagai berikut: Pilih *Main menu* > *Preprocessor* > *Modeling* > *Create* > *Lines* > *Lines* > *Straight Line*. Hubungkan semua titik koordinat hingga terbentuk garis seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Line dari titik koordinat.

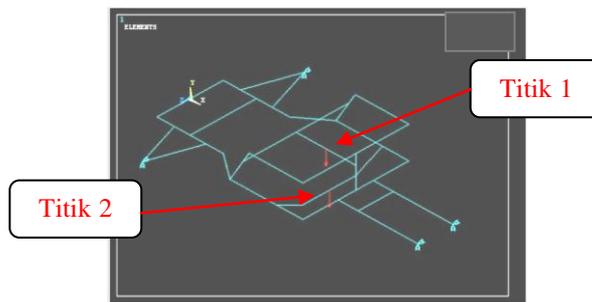
3. Penentuan element type dengan langkah sebagai berikut: Pilih Main menu > *Preprocessor* > *Element Type* > *Add/Edit/Delete* > *Add*. Masukkan *element type* yang dipakai, *pipe Elast straight16*.
4. Penentuan ukuran material dengan langkah sebagai berikut: Pilih Main menu > *Preprocessor* > *Real Constant* > *Add/Edit/Delete* > *Add*. Dari menu *Real Constant Set Number*, masukkan nomor elemen, diameter dan ketebalan kelima bahan klik OK.
5. Penentuan sifat material (material property) dengan langkah sebagai berikut: Pilih Main menu > *Preprocessor* > *Material Props* > *Material Models*. kemudian dari menu *Define Material Model Behaviour* pilih *Structural* > *Linear* > *Elastic* > *Isotropic*. Pada menu *Linear Isotropic Properties for Material Number* masukkan spesifikasi bahan dengan nilai modulus elastisitas pada  $E_X = 200000 \text{ GPa}$  dan *Possion's ratio* pada  $\nu_{XY} = 0.27$
6. Proses Meshing dengan langkah sebagai berikut: Proses meshing merupakan proses membagi komponen dalam elemen-elemen kecil. Tentukan letak material pada garis Sesuai Real constant set number yang telah ditentukan. Tentukan panjang alur distribusi tegangan dengan memilih *Main menu* > *Preprocessor* > *Meshing* > *Size cntrls* > *Manual Size* > *Lines* > *All lines*, kemudian masukkan nilai 5 menu *Element Sizes On All Selected Lines* > *OK*. Pilih Main menu > *Preprocessor* > *Meshing* > *Mesh* > *Lines*, kemudian akan muncul menu Mesh lines lalu klik Pick All. Maka akan muncul seperti pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Hasil proses *meshing*.

## 7. Proses solusi (*solution*)

1. *Analysis Type* dengan langkah sebagai berikut: Pilih *Main menu* > *Solution* > *Analysis Type* > *New Analysis* > *Static* > *OK*.
2. Penentuan kondisi batas dengan langkah sebagai berikut: Pilih *Main menu* > *Solution* > *Define Loads* > *Apply* > *Structural* > *Displacement* > *On Keypoints*. Pilih titik yang akan digunakan untuk kondisi batas lalu klik OK. Pilih *UY* dan *UZ* pada *DOFs to be constrained* kemudian klik OK.
3. Pembebanan dengan langkah sebagai berikut: Pilih *Main menu* > *Solution* > *Define Loads* > *Apply* > *Structural* > *Force/Moment* > *On Keypoints*. Pilih letak titik pembebanan, titik 1 pada dudukan jok dan titik 2 pada dudukan mesin (*engine base*) kemudian klik *OK*. Pilih *FY* pada menu *Apply F/M on KPs* dan masukkan nilai gaya masing masing -800 N pada titik 1 dan -200 N pada titik kemudian klik OK seperti pada Gambar 7.

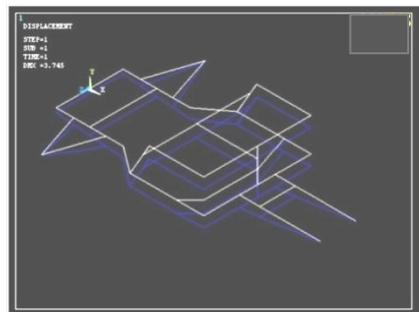


**Gambar 7. Titik yang dikenai pembebanan.**

4. Pemecahan masalah (*solving*) dengan langkah sebagai berikut: pilih *Main menu* > *Solution* > *Solve* > *Current LS* > OK. Maka akan muncul menu *Note* dan *Status Command*, jika terdapat kalimat *Solution is done!* Maka proses *solution* dinyatakan berhasil, dan jika *Error* berarti gagal.

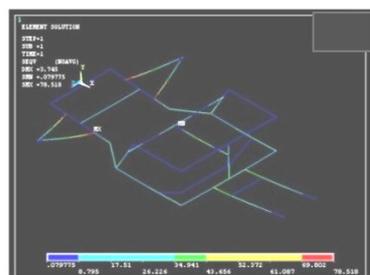
## 8. Simulasi proses *post-processing*

1. Plot hasil deformasi dengan langkah sebagai berikut: Pilih *Main menu* > *General Postproc* > *Plot results* > *Deformed Shape* > *Def + Undeformed* > OK, maka akan terlihat bentuk hasil deformasi akibat pembebanan seperti pada Gambar 8.



**Gambar 8. Hasil simulasi.**

2. Plot Distribusi tegangan *von Mises* dengan proses sebagai berikut: Pilih *Main menu* > *General Postproc* > *Element Table* > *Define Table* > *add*, dari menu *Define Additional Element Table items* pilih *Dof Solution* > *UY* > *Apply*. Pilihlah *Stress* > *von Mises stress*, kemudian klik OK.
3. Menentukan *Plot Element Table* dengan langkah sebagai berikut: pilih *Main menu* > *General Postproc* > *Element Table* > *Plot Elem Table*, kemudian dari menu *Contour Plot of Element table Data* Pilih *SEQW* kemudian klik OK, Maka akan terlihat distribusi tegangan *von Mises* seperti pada Gambar 9.



**Gambar 9. Plot distribusi tegangan *von Mises***

## 9. Hasil Simulasi

Dari simulasi pembebanan rangka kendaraan buge dapat diperoleh hasil sebagai berikut:

- Defleksi yang terjadi (DMX) = 3.745 mm
- Tegangan terendah (SMN) = 0.079775 MPa pada batang L22 dekat titik 22
- Tegangan terbesar (SMX) = 78.518 MPa pada batang L46 dekat titik 38

### Menghitung faktor keamanan (*Safety Factor*)

Diketahui:  $Y_s = 415 \text{ MPa}$   
 $D_s = 78.518 \text{ MPa}$

$$f_s = \frac{Y_s}{D_s}$$

$$f_s = \frac{415}{78.518}$$

$$f_s = 5.285$$

Dengan nilai faktor keamanan 5.285 Mpa maka rangka *prototype* kendaraan buge ini aman digunakan.

## 10. Kesimpulan

Dari penelitian ini telah berhasil dirancang dan dibuat rangka *prototype* kendaraan buge dengan hasil kesimpulan sebagai berikut:

- Rangka *prototype* kendaraan buge ini mempunyai dimensi panjang x lebar dengan ukuran 1250 mm x 800 mm.
- Bahan yang digunakan adalah besi pipa profil kotak ( $\square$ ) dengan spesifikasi baja ST 42 yang mempunyai modulus elastisitas 200000 Mpa, *poisson ratio* 0.27, dan *yield strength* 415 Mpa.
- Dari hasil analisis yang dilakukan pada rangka *prototype* kendaraan buge dapat diperoleh beberapa hal sebagai berikut: defleksi yang terjadi (DMX) = 3.745 mm, tegangan terendah yang terjadi (SMN) = 0.079775 MPa pada batang L22 dekat titik 22, titik ini merupakan titik paling aman dari rangka buge, tegangan terbesar (SMX) = 78.518 MPa pada batang L46 dekat titik 38, titik ini merupakan titik paling rawan patah dari kendaraan buge.
- Berdasarkan hasil simulasi pembebanan diatas dapat diketahui faktor keamanan (*safety factor*) sebesar 5.285 Mpa, maka dapat disimpulkan bahwa rangka *prototype* kendaraan buge yang akan dibuat aman digunakan.

Saran untuk perancangan rangka hendaknya lebar kendaraan jangan terlalu pendek agar kendaran lebih stabil pada saat belok.

## 11. Daftar Pustaka

Engineers Edge, (2011), Strength of Material - Mechanics of Material, [http://www.engineersedge.com/strength\\_of\\_materials.htm](http://www.engineersedge.com/strength_of_materials.htm).

Khurmi, R.S., Ghupta, J.K., (1982), "A Text Book of Machine Design", Eurasia Publishing house (Pvt) Ltd, Ram Nagar, New Delhi.

Murphy, M., (2010), *Building a better Buge*, Blue Sky Design

Murphy, M., (2008), *Buge Owner Manual*, Blue Sky Design

Brown, Jr, T.H., (2005), "Calculation for Machine Design".