

# ANALISIS KEKUATAN VELG CAST WHEEL SEPEDA MOTOR DENGAN PERANGKAT LUNAK BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA

Andi Husni Irawan<sup>1)</sup>, R.Bagus Suryasa Majanasastra<sup>2)</sup>, R. Hengki Rahmanto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin - Universitas Islam "45" Bekasi

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Mesin - Universitas Islam "45" Bekasi, email: bagus.suryasa@gmail.com

<sup>3)</sup>Program Studi Teknik Mesin - Universitas Islam "45" Bekasi, email: hengki.rahmanto@gmail.com

## ABSTRACT

*Cast wheel on a motor cycle is a structure from a tire that able to hold force from the weight of a vehicle and passengers. In this research is analyze effect of spoke quantity on a cast wheel rims of a motor cycle, stress and deformation that actually happen on cast wheel can be know by using the help of a mathematical software that using finite element method. Local motor cycle cast wheel rims industry is usually using trial and error when developing their products (Zuliantonil, 2007). Trial and error when developing a motor cycle cast wheel rims is a method that against with principal of sustainable product design. To make design and testing easy, mathematical software based by finite element method is used to analyze structure of cast wheel rims. In this research is achieved maximum stress that occur on cast wheel that using three rims is  $2.1284e+7$  N/m<sup>2</sup> and the maximum deformation is 0.00020485 m, while maximum stress that occur on cast wheel that using five rims is  $2.3171e+7$  N/m<sup>2</sup> and the maximum deformation 0.00013528 m. Three rims cast wheel is a design that can represent the best design with principal efficiency mass products productivity, because can cut material cost in a product without rule out the esthetics value and safety aspects for consumer.*

**Keywords:** *cast wheel velg l, static structural analysis, finite element method*

## ABSTRAK

*Cast wheel pada sepeda motor adalah kerangka dari sebuah ban yang menahan gaya dari berat kendaraan dan penumpang. Dalam penelitian dilakukan analisis pengaruh jumlah spoke pada velg cast wheel sepeda motor, tegangan dan deformasi yang terjadi pada cast wheel dapat diketahui dengan menggunakan bantuan mathematical software yang berbasis finite element method.. Industri velg cast wheel sepeda motor lokal lebih banyak menggunakan trial and error dalam pengembangan desain produknya (Zuliantonil, 2007). Cara trial and error dalam pengembangan motor cycle cast wheel adalah cara yang bertentangan dengan prinsip-prinsip sustainable product design. Untuk memudahkan proses desain dan pengujian, digunakan mathematical software yang berbasis finite element method untuk menganalisa struktur motor cycle cast wheel. Pada penelitian ini telah didapatkan tegangan maksimum yang terjadi pada cast wheel tiga spoke sebesar  $2.1284e+7$  N/m<sup>2</sup> dan deformasi maksimum yang terjadi sebesar 0.00020485 m, sedangkan tegangan maksimum pada velg cast wheel lima spoke sebesar  $2.3171e+7$  N/m<sup>2</sup> dan deformasi maksimum yang terjadi sebesar 0.00013528 m. Velg cast wheel tiga spoke adalah desain yang dapat mewakili desain terbaik dengan prinsipal efisiensi produktivitas produk masspro, karena dapat memangkas cost material pada produk tanpa mengesampingkan nilai estetika dan aspek keselamatan bagi konsumen.*

**Kata Kunci:** *velg cast wheel, analisis struktur statis, metode elemen hingga*

## PENDAHULUAN

Aspek keselamatan merupakan hal yang paling wajib diperhitungkan dalam dunia otomotif karena berhubungan erat dengan nyawa dari pengendara dan penumpang. Sehingga dalam pemodifikasian setiap komponennya haruslah dipertimbangkan secara matang, tepat dalam pemilihan material, melalui perhitungan yang benar dan desain yang baik. Dalam dunia otomotif telah banyak kecelakaan yang disebabkan oleh velg sepeda motor (*motor cycle cast wheel*) yang pecah. Dengan mempertimbangkan aspek keselamatan tersebut, maka masalah yang dibahas dalam analisis ini adalah tentang pengaruh jumlah spoke pada velg cast wheel pada sepeda motor (*motor cycle*) terhadap tegangan dan deformasi yang terjadi.

*Cast wheel* pada sepeda motor adalah kerangka dari sebuah ban yang menahan gaya dari luar akibat dari berat kendaraan dan impact atau pukulan dari permukaan jalan. Pukulan dari permukaan jalan tersebut dapat mengakibatkan terjadinya tegangan dan deformasi pada *cast wheel*.

Kerusakan yang terjadi pada *velg cast wheel* adalah pecahnya bibir *velg* atau pecahnya *spoke* pada *velg cast wheel* akibat gaya dan tegangan yang terjadi melebihi tegangan maksimum yang diijinkan. Dengan

mempertimbangkan masalah ini maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh jumlah spoke terhadap tegangan dan deformasi dengan menggunakan Metode Elemen Hingga berbasis komputer yaitu perangkat lunak Ansys 14.0, untuk mempermudah proses desain dan perhitungan analisis.



Gambar 1. *Velg Cast Wheel* Rusak

*Velg* adalah komponen utama dalam sebuah kendaraan. Tanpa *velg*, kendaraan sepeda motor tidak akan dapat berjalan. Terdapat dua jenis *velg* yang dikenal di kalangan masyarakat yaitu *velg* ruji atau biasa disebut *velg* jari-jari dan *velg cast wheel* atau biasa dikenal dengan sebutan *velg racing*. *Velg* ruji tidak banyak disukai karena beberapa alasan, salah satunya adalah tidak sesuai perkembangan jaman (kuno). Oleh karena itu banyak yang menggantinya dengan *velg* yang lebih modern atau yang di sebut dengan *velg cast wheel*.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pemodelan (*Modelling*)

Pemodelan adalah proses pengembangan dari representasi matematika dari semua bidang permukaan tiga dimensi dari sebuah obyek, dalam hal ini adalah *velg* menggunakan *software* (program) 3D. Pemodelan yang dilakukan menggunakan sebuah perangkat lunak pemodelan yang memiliki kemampuan untuk menciptakan model 3D yang detail, akurat dan memiliki kemudahan untuk dirubah untuk proses analisis metode elemen hingga menggunakan software simulasi analisis struktural.

### Perangkat Lunak Metode Elemen Hingga

Tahapan dalam proses analisis struktural menggunakan perangkat lunak metode elemen hingga, yaitu:

1. Idealisasi geometri atau 2D/3D model.
2. *Meshing* (diskritisasi geometri atau 2D/3D model).
3. Pendefinisian *boundary condition* (kondisi batas).
4. Pendefinisian *solution* (solusi).
5. *Results* (hasil).
6. Proses validasi.

### Teori Analisis Struktur

1. Tegangan

Apabila sebuah batang atau plat dibebani suatu gaya maka akan terjadi gaya reaksi yang sama dengan arah yang berlawanan. Gaya tersebut akan diterima sama rata oleh setiap molekul pada bidang penampang batang tersebut. Jadi tegangan adalah suatu ukuran intensitas pembebanan yang dinyatakan oleh gaya dan dibagi oleh luas ditempat gaya tersebut bekerja.

Tegangan ada bermacam-macam sesuai dengan pembebanan yang diberikan. Komponen tegangan pada sudut yang tegak lurus pada bidang ditempat bekerjanya gaya disebut tegangan langsung. Pada pembebanan tarik akan terjadi tegangan tarik maka pada beban tekan akan terjadi tegangan tekan.

Persamaan tegangan adalah:

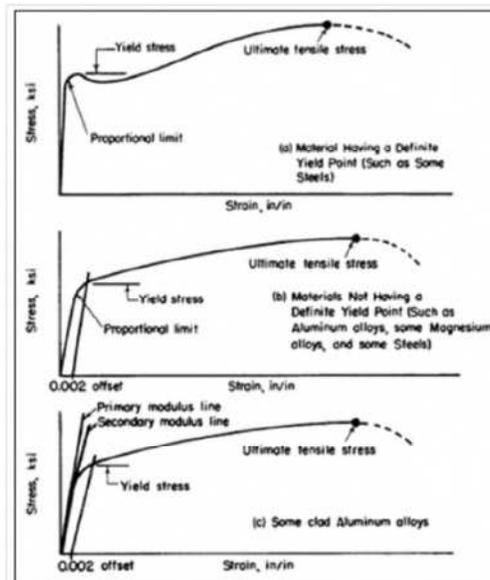
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

## 2. Regangan

Regangan adalah suatu bentuk tanpa dimensi untuk menyatakan perubahan bentuk. Biasanya dinyatakan dalam bentuk persentasi atau tidak dengan persentasi. Besarnya regangan menunjukkan apakah bahan tersebut mampu menahan perubahan bentuk sebelum patah. Makin besar regangan suatu bahan maka bahan itu mudah dibentuk.

Persamaan untuk regangan adalah:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$



Gambar 2. Grafik Hubungan Stress dengan Strain

Tegangan serta regangan senantiasa berhubungan, walaupun hubungan ini dapat berubah karena suhu, laju pembebanan, dan sebagainya. Perubahan tegangan langsung dibagi oleh regangan merupakan suatu konstanta yang dinamakan modulus Young ( $E$  atau modulus elastisitas).

## 3. Teori Elastisitas

Setiap bahan akan berubah bentuk kalau mengalami pembebanan, dan regangan yang timbul dapat diukur. Bila setelah pembebanan dihilangkan, bahan tersebut kembali ke bentuk asalnya, maka kejadian tersebut disebut elastis atau kenyal. Suatu beban batas dimana beban yang menyebabkan adanya regangan sisa setelah beban dihilangkan dapat ditentukan. Besarnya tegangan akibat beban tersebut disebut batas elastis.

## 4. Deformasi

Semua struktur bila mendapat beban luar akan berubah sedikit dari bentuk awalnya, baik berubah bentuk maupun ukurannya atau berdeformasi. Bertambahnya ukuran dari sebuah struktur disebut perpanjangan atau elongasi, sedangkan sebaliknya disebut pemendekan atau kontraksi.

Pada struktur yang mendapatkan *deformasi* yang normal dari masing-masing elemennya yang berada pada sifat elastis, maka kondisi tersebut disebut kondisi kekakuan (*condition of rigidity*).

Perubahan bentuk yang kecil sudah tentu dihasilkan oleh beban kerja yang normal (tanpa kejutan). Tapi dalam keseimbangan dan gerak, struktur dari suatu konstruksi tidak dipengaruhi oleh perubahan bentuk yang relatif kecil dan menurut teori mekanis dapat diabaikan.

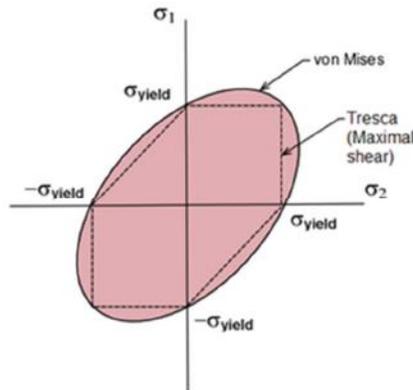
Meskipun demikian tanpa mempelajari perubahan bentuk (*deformasi*) tersebut, akan sulit untuk menyelesaikan masalah yang penting, yaitu dalam kondisi kapan kegagalan atau kerusakan dari susunan konstruksi akan terjadi atau dapat pula kapan kondisi yang aman dari konstruksi yang dirancang. Harga batas deformasi yang terjadi dapat dipakai sebagai perbandingan untuk ukuran atau dimensi dari konstruksi tersebut. Kemampuan suatu konstruksi atau elemen bangunan untuk bertahan terhadap perubahan bentuknya adalah sangat penting atau sangat diperlukan. Kemampuan ini disebut kekakuan atau *stiffness*.

### 5. Teori Von Mises

*Von Mises* (1913) menyatakan bahwa akan terjadi luluh bilamana tegangan normal itu tidak bergantung dari orientasi atau sudut  $\theta$  (*invariant*) kedua *deviator* tegangan  $J_2$  melampaui harga kritis tertentu.

Bentuk kriteria luluh *Von Mises*:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \quad (3)$$



Gambar 3. Persamaan *Von Mises*

Dari persamaan diatas dapat diduga bahwa luluh akan terjadi apabila selisih tegangan pada sisi kanan persamaan melampaui tegangan luluh dalam uji tarik uniaksial  $\sigma_v$ .

### 6. Factor of Safety

Pada umumnya kekuatan suatu struktur akan mengacu pada beban *ultimate* dari material pembentuk struktur tersebut. Tetapi dalam hal ini tidak terdapat batasan yang jelas. Pada karakteristik mekanis jika suatu material mengenai beban, maka beban *yield* dapat diasumsikan sebagai beban maksimum yang dapat diterima oleh suatu struktur sehingga mencapai kondisi kritis yang besarnya tergantung kepada material pembentuk struktur. Dengan adanya suatu tuntutan yang mengharuskan suatu desain struktur *velg cast wheel* memiliki jaminan bahwa tidak akan terjadi suatu kegagalan struktural selama struktur tersebut menerima beban, maka diperlukan suatu metode yang handal yang dapat digunakan untuk menentukan kekuatan struktur secara aman. Berbagai macam teori mengenai struktur telah banyak dikembangkan dan telah banyak diterapkan sehingga dapat menentukan secara akurat kekuatan struktur dalam menerima suatu jenis pembebanan.

Ditinjau dari faktor keamanan pada material yang digunakan struktur *velg cast wheel* sepeda motor haruslah lebih besar dari pada 1,0 jika harus dihindari kegagalan. Bergantung pada keadaan, maka faktor keamanan yang harganya sedikit diatas 1,0 hingga 14 yang dipergunakan. Faktor keamanan yang digunakan pada *velg cast wheel* dihitung berdasarkan perbandingan tegangan luluh pada material yang digunakan dengan hasil analisis tegangan *Von Mises* maksimum seperti dibawah ini.

$$Factor\ of\ Safety\ (\eta) = \frac{S_y}{\sigma_e} \quad (4)$$

Dari faktor keamanan yang didapat pada perhitungan analisis akan merujuk pada nilai *margin of safety* pada kekuatan statik struktur *velg* tersebut, batas keamanan *Margin of Safety* dalam terminologi kekuatan statik struktural didefinisikan sebagai suatu ukuran besarnya kemampuan atau kapasitas yang masih tersedia dalam

suatu struktur untuk menerima beban statik secara aman, pada kondisi dimana terdapat beban statik yang bekerja pada struktur tersebut.

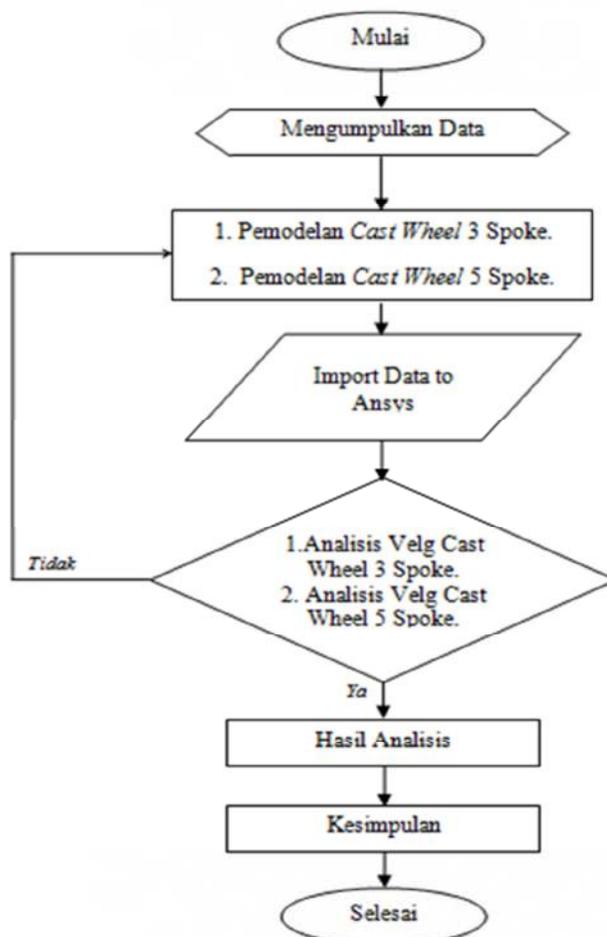
Adapun bentuk perhitungan *Margin of Safety* (MS) adalah:

$$\text{Margin of Safety} = (\eta) - 1 \quad (5)$$

#### METODE

Sesuai dengan tujuan utama dari analisis ini yaitu menganalisa model *velg cast wheel* dengan sistem aplikasi komputer yaitu menggunakan perangkat lunak metode elemen hingga dari dua desain yang berbeda untuk mendapatkan hasil terbaik dari desain serta kekuatan suatu produk yang akan diproduksi, berikut ini adalah diagram alir penelitian yang akan dilakukan yang terlihat pada Gambar 4. Secara umum dapat dijelaskan dengan metode sebagai berikut:

1. Identifikasi dan pengumpulan informasi.
2. *Modelling* 3D velg 3 *spoke* dan 5 *spoke*.
3. Import data 3D dari perangkat lunak *modelling*.
4. *Meshing* (diskritisasi geometri atau 2D/3D model).
5. Pendefinisian *boundary condition* (kondisi batas).
6. Pendefinisian *solution* (solusi).
7. *Results* (hasil).
8. Interpretasi dan validasi hasil.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dalam paper ini akan dilakukan pada seluruh bagian *velg cast wheel* dengan melakukan penelitian terhadap *velg cast wheel* pada pembebanan dari besar gaya yang diberikan oleh berat beban motor secara keseluruhan beserta dua orang penumpang, pembebanan pada *velg cast wheel* diberikan dari penumbuk ke arah penampang. Dalam analisis ini masing-masing model *velg cast wheel* akan diberi gaya dengan dua variasi arah pemberian gaya, yaitu dengan pemberian gaya di *spoke* dan pemberian gaya pada *range* antar *spoke*, material *velg* yang digunakan adalah Aluminum Alloy 6061-T6.

Nilai beban *velg cast wheel* sepeda motor berasal dari tipe motor *matic* terberat, salah satunya yaitu Vario 125 CBS. Analisis nilai pemberian gaya berasal dari jumlah beban motor secara keseluruhan sebesar 112 kg ditambah dua orang penumpang yang dalam analisis ini diasumsikan berat orang dewasa rata-rata yaitu 75 kg untuk satu orang, maka total bobot kendaraan beserta dua orang penumpang adalah 262 kg, karena terdapat dua buah *velg cast wheel* di setiap sepeda motor maka beban dibagi dua, jadi artinya satu *velg cast wheel* mendapat beban 131 kg dengan percepatan gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$  (diasumsikan) maka gaya yang diberikan pada *velg cast wheel* adalah :

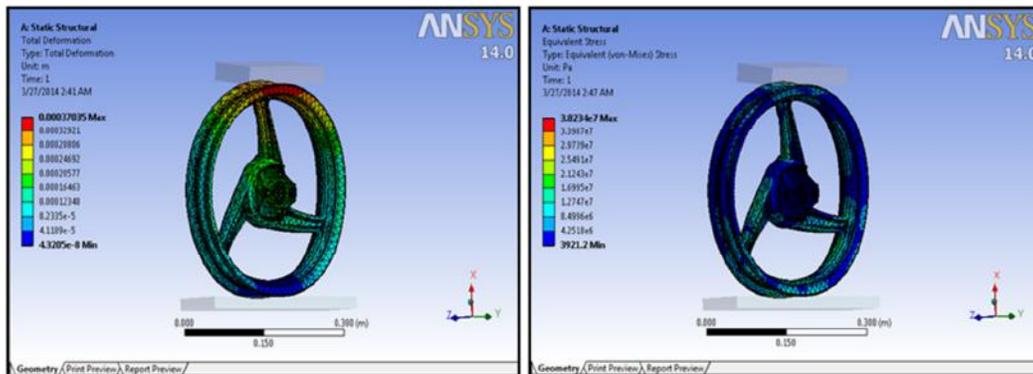
$$F = m \cdot a = \text{massa} \times \text{percepatan gravitasi} = 131 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 1310 \text{ N}$$

### 1. Analisis Velg Cast Wheel Pada Titik Spoke

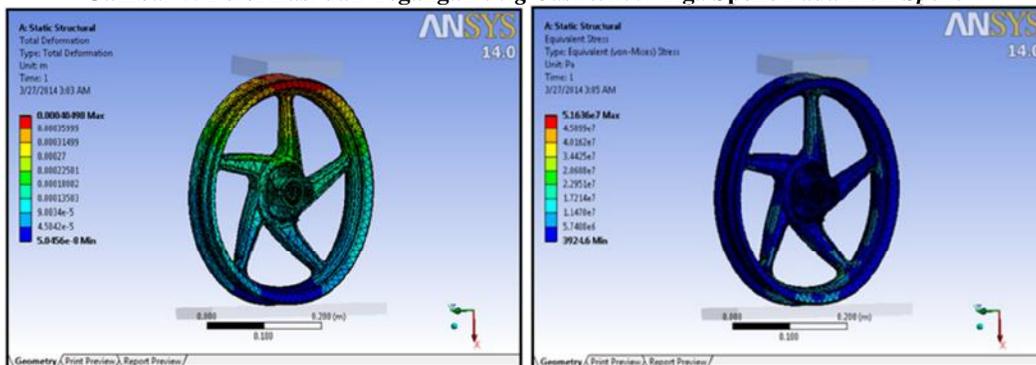
Berdasarkan pemberian gaya sebesar 1310 N pada *velg cast wheel* tiga *spoke* dan *velg cast wheel* lima *spoke* dengan variasi arah gaya pada titik *spoke* menggunakan perangkat lunak metode elemen hingga, analisis pertama pada *velg cast wheel* tiga *spoke* dan analisis kedua *velg cast wheel* lima *spoke*, kemudian akan diperoleh nilai-nilai deformasi dan *Von Mises stress* yang dialami oleh setiap bagian dari masing-masing *velg cast wheel*.

Tabel 1. Hasil Analisis Velg Cast Wheel Pada Titik Spoke

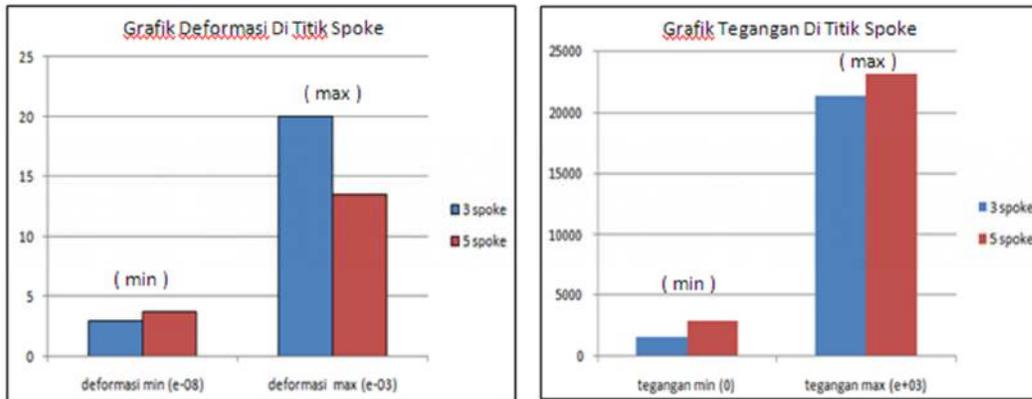
No	Jenis Velg	Deformasi Maximum	Deformasi Minimum	Stress Maximum	Stress Minimum
1	Tiga Spoke	0.00019986	$2.9059 \times 10^{-8}$	$2.1284 \times 10^7$	1485.8
2	Lima Spoke	0.00013528	$3.6862 \times 10^{-8}$	$2.3104 \times 10^7$	2800



Gambar 5. Deformasi dan Tegangan Velg Cast Wheel Tiga Spoke Pada Titik Spoke



Gambar 6. Deformasi dan Tegangan Velg Cast Wheel Lima Spoke Pada Titik Spoke



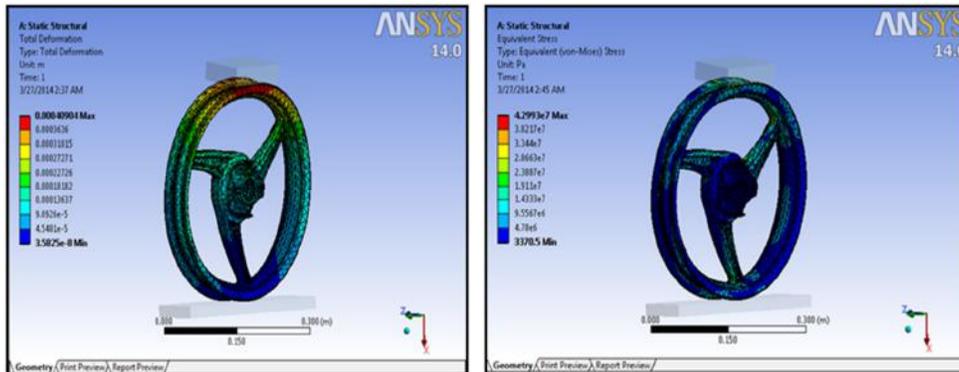
Gambar 7. Grafik Deformasi dan Tegangan Hasil Analisis Pada Titik Spoke

## 2. Analisis Velg Cast Wheel Pada Range Antar Spoke

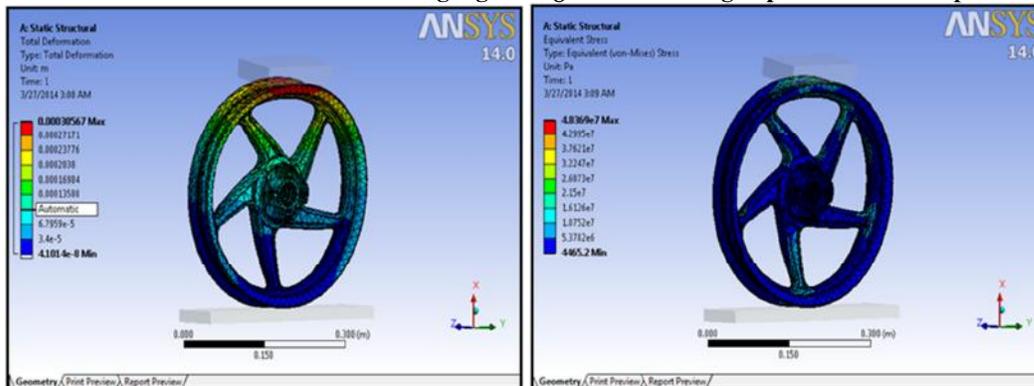
Berdasarkan pemberian gaya sebesar 1310 N pada *velg cast wheel* tiga spoke dan *velg cast wheel* lima spoke dengan variasi arah gaya pada titik *spoke* menggunakan perangkat lunak metode elemen hingga, analisis pertama pada *velg cast wheel* tiga spoke dan analisis kedua *velg cast wheel* lima spoke, kemudian akan diperoleh nilai-2 deformasi dan *Von Mises stress* yang dialami tiap bagian dari masing-masing *velg cast wheel*

Tabel 2. Hasil Analisis Velg Cast Wheel Pada Range Antar Spoke

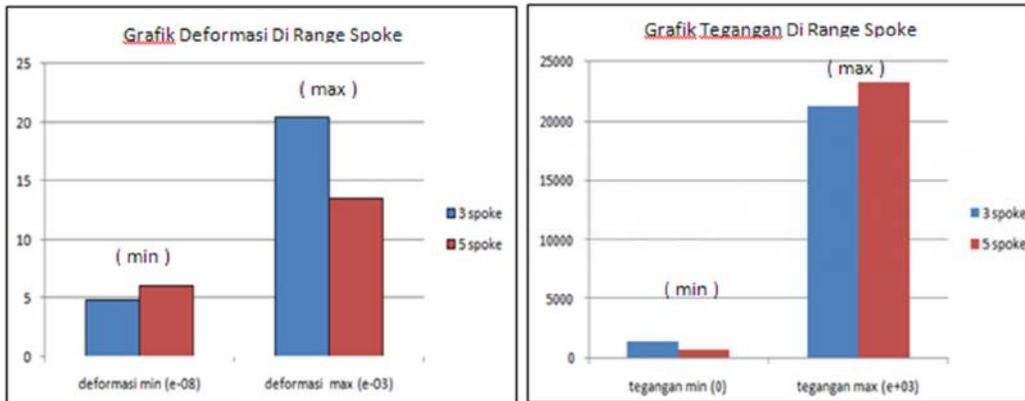
No	Jenis Velg	Deformasi Maximum	Deformasi Minimum	Stress Maximum	Stress Minimum
1	Tiga spoke	0.00020485	4.7849e <sup>-8</sup>	2.1215e <sup>+7</sup>	1408.2
2	Lima spoke	0.00013518	5.9538e <sup>-8</sup>	2.3171e <sup>+7</sup>	717.33



Gambar 5. Deformasi dan Tegangan Velg Cast Wheel Tiga Spoke Pada Titik Spoke



Gambar 6. Deformasi dan Tegangan Velg Cast Wheel Lima Spoke Pada Titik Spoke



**Gambar 7. Grafik Deformasi dan Tegangan Hasil Analisis Pada Titik Spoke**

Faktor keamanan dari *velg cast wheel* dengan material yang digunakan adalahvAluminum Alloy 6061-T6, material ini memiliki tegangan luluh  $2800 \times 108 \text{ N/m}^2$ , nilai hasil analisis *factor of safety* disajikan pada tabel 3:

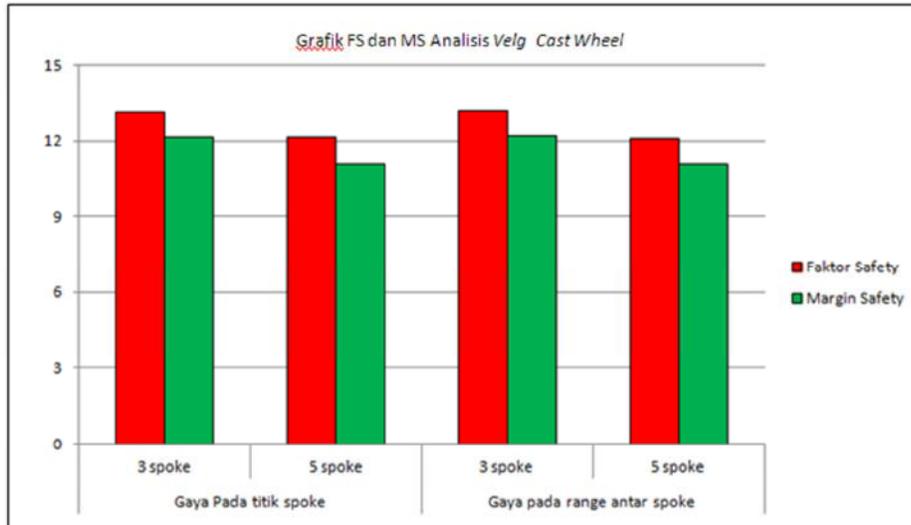
**Tabel 3. Nilai Factor of Safety Dari Velg Cast Wheel**

No	Analisis	Jenis Velg	Tegangan maximum	Yield strength	Faktor safety	Keterangan
1	Gaya Pada Titik Spoke	Tiga Spoke	$2.1284e^{+7}$	$2800 \times 10^8 \text{ N/m}^2$	13.155	aman
2		Lima Spoke	$2.3104e^{+7}$	$2800 \times 10^8 \text{ N/m}^2$	12.119	aman
3	Gaya Pada Range Antar Spoke	Tiga Spoke	$2.1215e^{+7}$	$2800 \times 10^8 \text{ N/m}^2$	13.198	aman
4		Lima Spoke	$2.3171e^{+7}$	$2800 \times 10^8 \text{ N/m}^2$	12.084	aman

Nilai *yield strength* maksimum dari material adalah  $2800 \times 108 \text{ N/m}^2$  atau 280 MPa. Perbandingan *margin of safety* dari hasil masing-masing simulasi disajikan dalam bentuk tabel 4, seperti berikut ini:

**Tabel 4. Nilai Margin of Safety Dari Velg Cast Wheel**

No	Analisis	Jenis Velg	Faktor Safety	Margin Safety	Keterangan
1	Gaya Pada Titik Spoke	Tiga Spoke	13.155	12.155	aman
2		Lima Spoke	12.119	11.199	aman
3	Gaya Pada Range Antar Spoke	Tiga Spoke	13.198	12.198	aman
4		Lima Spoke	12.084	11.084	aman



**Gambar 8. Grafik FS dan MS Hasil Analisis Velg Cast Wheel**

Dari hasil analisis di atas, diperoleh nilai deformasi dan tegangan yang terjadi pada dua model *velg cast wheel* dengan variasi dua arah gaya sebesar 1310 N menggunakan bantuan software metode elemen hingga mendapatkan nilai hasil analisis *velg cast wheel* tiga *spoke* pada titik *spoke* mendapatkan nilai deformasi maksimum 0.00019986, nilai deformasi minimum 2.9059 e-8, nilai *Von Mises stress* maksimum 2.1284e+7, sedangkan pada *range* antar *spoke* deformasi maksimum 0.00020485, nilai deformasi minimum 4.7849 e-8 , *Von Mises stress* maksimum 2.1215 e+7.

Analisis *velg cast wheel* lima *spoke* di titik *spoke* mendapatkan nilai deformasi maksimum 0.00013528, deformasi minimum 3.6862 e-8, *Von Mises stress* maksimum 2.31084 e+7, sedangkan pada *range* antar *spoke* deformasi maksimum 0.00013518, deformasi minimum 5.9538 e-8 , *Von Mises stress* maksimum 2.3171 e+7.

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka didapat beberapa nilai perbandingan dari dua model *velg* yang diuji dengan melakukan dua variasi simulasi pemberian gaya yang berbeda menggunakan metode elemen hingga, maka dapat diambil kesimpulan *velg cast wheel* lima *spoke* memiliki nilai *factor of safety* dan *margin of safety* lebih rendah dari nilai *velg cast wheel* lima *spoke* dikarenakan jumlah *spoke* yang lebih banyak akan tetapi desain batang *spoke* lebih kecil jika dibandingkan dengan *velg cast wheel* tiga *spoke* yang memiliki desain batang *spoke* lebih besar pada lingkaran *velg cast wheel*, namun jika ditinjau dari nilai *factor of safety* dan *margin of safety* pada analisis yang dilakukan penulis, kedua model tersebut dapat dikatakan aman berdasarkan dari standar material yang digunakan, yaitu nilai 2-16 untuk *factor of safety* dan 1-15 untuk *margin of safety*, dengan mengacu pada standar nilai ideal yang digunakan pada PT. XYZ sebesar 4-16 untuk *factor of safety* dan 3-15 untuk *margin of safety*.

## PENUTUP

Hasil analisis *velg cast wheel* tiga *spoke* pada titik *spoke* mendapatkan nilai deformasi maksimum 0.00019986, nilai deformasi minimum 2.9059-8 , nilai *Von Mises stress* maksimum 2.1284e+7, sedangkan pada *range* antar *spoke* deformasi maksimum 0.00020485, nilai deformasi minimum 2.7489e-8, *Von Mises stress* maksimum 2.1215e+7. Analisis *velg cast wheel* lima *spoke* di titik *spoke* mendapatkan nilai deformasi maksimum 0.00013528, deformasi minimum 3.6862e-8, *Von Mises stress* maksimum 2.3184 e+7, sedangkan pada *range* antar *spoke* deformasi maksimum 0.00013518, deformasi minimum 5.9538e-8 , *Von Mises stress* maksimum 2.3171e+7 .

Analisis *velg cast wheel* tiga *spoke* pada titik *spoke* mendapatkan nilai *factor of safety* 13.155 dan *margin of safety* 12.155, sedangkan pada *range* antar *spoke* nilai *factor of safety* 13.198 dan *margin of safety* 12.198. Analisis *velg cast wheel* lima *spoke* pada titik *spoke* mendapatkan nilai *factor of safety* 12.119 dan *margin of safety* 11.119, sedangkan pada *range* antar *spoke* nilai *factor of safety* 12.084 dan *margin of safety* 11.084, dari kedua model *velg cast wheel* yang diuji masing-masing model mendapatkan nilai dalam kategori aman.

Nilai *margin of safety* terendah pada *velg cast wheel* tiga *spoke* 12.155 dengan berat dari desain tersebut 3.0837 kg, Nilai *margin of safety* terendah pada *velg cast wheel* lima *spoke* 11.084 dengan berat dari desain tersebut 3.4926 kg, dengan selisih berat sebesar 0.4 kg dengan nilai *factor of safety* dan *margin of safety* masih dalam kategori aman, maka model *velg cast wheel* tiga *spoke* dapat dijadikan model produk selanjutnya dengan prinsipal efisiensi *cost material production*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] CATIA Tutorial, DS CATIA, Desember 2001, Part design and Assembly design , “English documentation in PDF format, Version 5 Release 14, Dassault Systemes 2001.
- [2] Jensen, A. And Chenoweth, Harry H., Applied Strength of Material, fourth edition., McGraw-Hill inc., 1983.
- [3] Marjan Sapto C , Waluyo Adi Siswanto , Ngafwan, JURNAL TEKNIK GELAGAR, Vol. 14. No. 01, April 2003 Analisis dan simulasi pengujian Alloy Wheel Racing Mobil.
- [4] T.Stolarski, Y.Nakasone , S. Yoshimoto 2006, Engineering with Analysis Ansys Software, Tokyo, Japan.
- [5] Zuliantoni; Prediksi Kegagalan Fatik Velg Bintang Sepeda Motor menggunakan Metode Elemen Hingga; Surabaya, (2007).