

## ANALISA KELELAHAN VELG RACING TOYOTA AVANSA DENGAN MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

**Benjamin Golfin Tentua**

Program Studi Teknik Mesin Universitas Pattimura

email : golfintentua@yahoo.com

### **ABSTRAK**

*Pengembangan suatu produk harus memenuhi syarat teknik dan ekonomis sehingga produk itu dapat berkualitas dan bermanfaat bagi masyarakat. Desain velg merupakan salah satu produk yang telah banyak beredar dimasyarakat. Kasus yang dijumpai di beberapa industri pembuatan velg lokal yaitu metode yang dipakai untuk menganalisis sebuah produk velg sifatnya trial and error, akibatnya banyak terjadi kerugian pada tahap proses produksi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui fatigue life dari produk velg racing yang dimodelkan dalam tiga bentuk kemudian disimulasikan secara numerik dengan mengaplikasikan beban gaya normal yang bekerja pada velg, dan putaran mesin. Hasil analisa fatigue tiga model velg racing Toyota Avanza yang diproduksi, diperoleh umur velg racing  $4.8 \times 10^9$  cycle. Bila dibandingkan dengan nilai Endurance limit Aluminum Alloy A356.0-T6  $5 \times 10^8$  cycle, maka desain tergolong high cycle atau infinite cycle, artinya akan mengalami kegagalan dalam waktu yang lama. Nilai Alternating stress maximum yang terbesar terdapat pada model velg ketiga senilai  $4,4733 \times 10^7$ , sedangkan alternating stress maximum yang terkecil terdapat pada model velg kedua senilai  $2,6779 \times 10^7$ . Nilai Safety factor minimum terbesar 3,6156 pada model velg kedua, sedangkan Safety Factor minimum terkecil 2,1645 untuk model velg ketiga. Ini berarti velg model kedua aman digunakan untuk pembebanan gaya normal sebesar 2870,817 N daripada velg model pertama dan velg model ketiga.*

**Kata Kunci :** Kelelahan, alternating stress, safety factor, Velg racing

### **ABSTRACT**

*Developing a product must meet technical and economic requirements so that product quality and it can be beneficial to society. Wheel design is one product that has been widely circulated in the community. Cases were found in some of the local manufacturing industry rims are the methods used to analyze a product of its wheels trial and error, as a result many losses at this stage of the production process. The purpose of this study was to determine the fatigue life of the products racing wheels are modeled in three forms then numerically simulated by applying a load of normal force acting on the wheels, and the engine rotation. Fatigue analysis results of three models of wheel racing Toyota Avanza produced, acquired age racing wheels  $4.8 \times 10^9$  cycles. When compared with the value of Endurance limit A356.0-T6 Aluminum Alloy  $5 \times 10^8$  cycles, then the design is relatively high cycle or infinite cycle, means it will fail in a long time. Alternating value of maximum stress of the largest found on all three wheels models worth  $4.4733 \times 10^7$  Pa, while the smallest maximum alternating stress on models wheels are both worth  $2.6779 \times 10^7$  Pa. Safety factor The minimum value of 3.6156 on the model of the second wheel, while the smallest minimum 2.1645 Safety Factor for the third wheel models. This means wheels secure the second model is used for loading normal force of 2870.817 N than the first model and wheel rims third model.*

**Keywords :** Fatigue life, alternating stress, safety factor, Velg racing

### **PENDAHULUAN.**

Konsumen merupakan pusat inspirasi pengembangan dan pemasaran suatu produk. Akan tetapi secara umum suara konsumen bersifat kualitatif, padahal perancangan dan pengembangan produk harus didasarkan oleh suatu besaran yang dapat dibuktikan dan dapat diukur (kuantitatif). Selain itu konsumen mempunyai banyak variasi permintaan dan keinginannya.

Untuk mengembangkan suatu produk banyak aspek yang harus ditinjau antara lain kekuatan, kualitas, kenyamanan, ekonomis dan estetika. Desain velg merupakan salah satu produk yang telah banyak beredar dimasyarakat. Kasus yang dijumpai di beberapa industri pembuatan velg lokal, metode yang dipakai untuk menganalisis sebuah produk velg sifatnya trial and error, akibatnya banyak kerugian

terjadi, diantaranya proses manufaktur yang berulang-ulang sehingga waktu produksi menjadi lama dan biaya produksi tinggi.

Dalam penggunaannya, velg menerima beban berulang (cyclic load) yang dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan (failure). Kegagalan tersebut terjadi karena akumulasi dari pembebanan berulang yang diterima melebihi kemampuannya menyerap energi, atau kita kenal sebagai *fatigue failure*.

Analisis fatigue dapat dilakukan secara numerik dengan menggunakan metode elemen hingga untuk memprediksi umur dari suatu produksi. Tujuannya agar produk yang didesain dapat diketahui kualitas dan umur pakai dalam penelitian ini digunakan beberapa model velg racing yang telah digunakan oleh mobil toyota anvasa untuk dianalisis.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Konsep Tegangan – Regangan**

1. Konsep Tegangan (*Stress*)

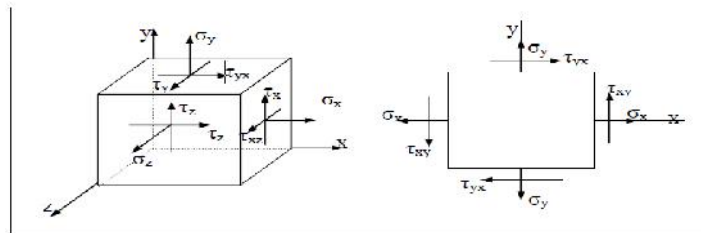
Pada suatu bidang yang dikenali suatu gaya akan terdapat dua jenis tegangan yang mempengaruhi bidang tersebut, yaitu :

- 1) Tegangan Normal ( )

Tegangan adalah besar gaya yang bekerja pada suatu penampang benda yang arahnya tegak lurus penampang tersebut.

- 2) Tegangan Geser ( )

Tegangan adalah besar gaya yang bekerja pada suatu penampang yang arahnya sejajar penampang tersebut.



Distribusi Tegangan pada Bidang

Suatu tegangan normal, secara matematis dapat didefinisikan sebagai :

$$= \lim \left( \frac{\Delta F}{\Delta A} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- = Tegangan normal
- $F$  = gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan (N)
- $A$  = luas bidang ( $m^2$ )

2. Konsep Regangan (*Strain*)

Regangan dinyatakan sebagai pertambahan panjang per satuan panjang. *Hukum Hooke* menyatakan bahwa dalam batas-batas tertentu, tegangan pada suatu bahan adalah berbanding lurus dengan regangan. Secara matematis, regangan dapat ditulis sebagai :

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

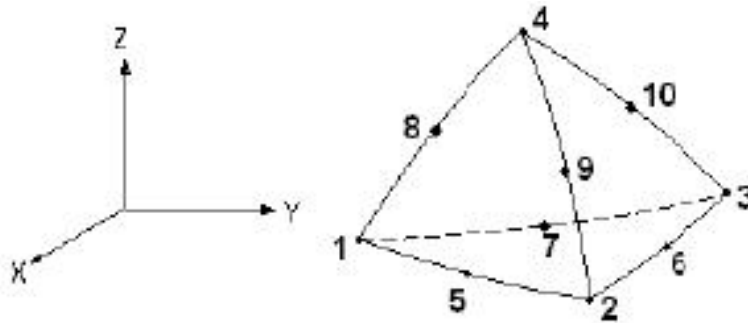
- $\epsilon$  = regangan
- = pertambahan panjang total (m)
- $L$  = panjang mula-mula (m)

**2.2. Konsep Dasar Elemen Hingga**

Dinamakan elemen hingga karena ukuran elemen kecil ini berhingga dan umumnya mempunyai bentuk geometri yang lebih sederhana dibandingkan kontinyunya (*Weaver, 1993*). tipe elemen yang *solid tetrahedral 10-node* seperti terlihat pada gambar 2.5. pemilihan tipe elemen ini didasarkan atas beberapa pertimbangan:

- Tipe elemen ini sangat cocok untuk menganalisa permasalahan kekenyalan (*plasticity*), perangkakan, penggelembungan material (*swelling*), defleksi dan regangan yang besar.

- Mampu menganalisa beban yang dikenakan pada permukaan bodi benda kerja dengan sangat baik.
- Sangat *adaptive* dengan berbagai model pembebanan.
- Memiliki tiga derajat kebebasan (x,y dan z).
- Lebih mempunyai ketelitian dibandingkan *elemen solid tetrahedral 4-node*.



Elemen Tetrahedral 10-node dengan nomor node.

**2.3 Teori Kegagalan Statik**

Kegagalan statik ini dapat dibagi menjadi dua kategori dasar yaitu sebagai berikut:

**1. Distorsi atau Deformasi Plastis**

Berdasarkan kriteria ini, suatu komponen dikatakan gagal apabila tegangan yang terjadi melebihi batas “*yield stress*” dari material komponen tersebut.

**2. Fracture atau Patah**

Dari sekian banyak teori kegagalan yang ada, maka disini akan digunakan *Teori Kegagalan Statik Maximum-Distortion-Energy (Von Mises Theory)*, “*distortion-energy level*” pada saat terjadinya “*yielding*” pada kondisi “*uniaxial tensile stress*”, didapatkan dari persamaan

$$dU_{distorsi} = \frac{dV}{6E} (1 + \nu) [(\tau_1 - \tau_2)^2 + (\tau_1 - \tau_3)^2 + (\tau_2 - \tau_3)^2] \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan mensubstitusikan  $\tau_1 = S_y ; \tau_2 = 0 ; \tau_3 = 0$ , dan akan diperoleh hasil sebagai berikut :

$$dU_{distorsi} = \frac{S_y^2 dV}{3E} (1 + \nu) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dan bila persamaan ini kita substitusi maka diperoleh :

$$S_y = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\tau_2 - \tau_1)^2 + (\tau_3 - \tau_1)^2 + (\tau_2 - \tau_3)^2]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.5)$$

**2.4 Putaran Pada Suatu Benda Bulat**

Untuk menentukan *cycle*-nya, kita perlu menghitung terlebih dahulu berapa *cycle* terjadi dalam beberapa waktu tertentu. Dimana pada *fatigue tools (definition display time)* telah dimasukkan nilai waktu sebesar 1s, yang berarti bahwa dalam 1s telah berlangsung ... *cycle*. 1 *cycle* sama dengan 1 putaran (*website. convertWorld.com*). Maka dapat dihitung *cycle*-nya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$v = \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{60} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana:

- $v$  = Kecepatan (*m/s*)
- $r$  = Jari-jari roda (*mm*)
- $n$  = Putaran (*rpm*)

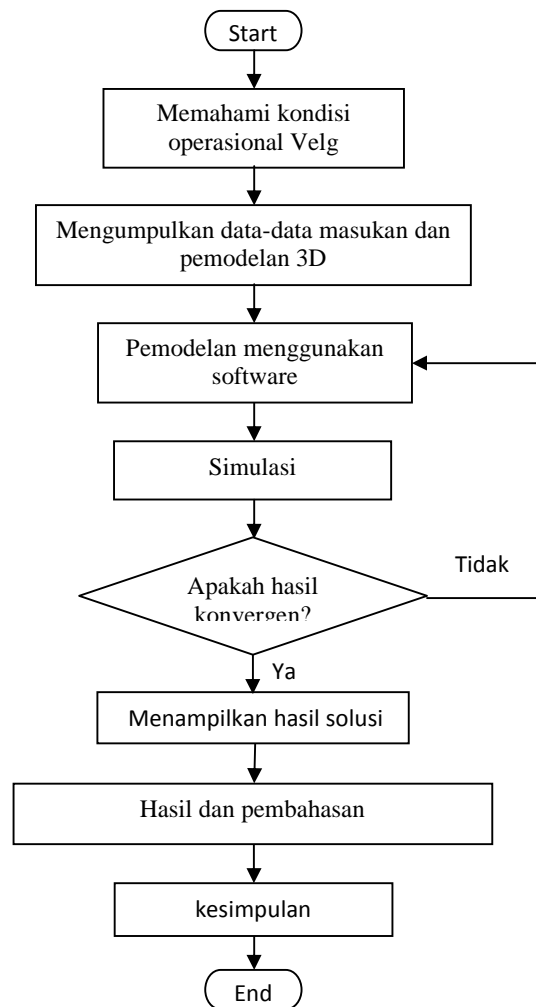
**MOTEDELOGI PENELITIAN**

Secara garis besar langkah-langkah penelitian terdiri dari tahap-tahap sebagai berikut:

1. Memahami kondisi operasional pada Velg mobil toyota.

2. Mendapatkan data geometri velg dan memodelkannya dalam visualisasi 3D dengan software berbasis metode elemen hingga.
3. Memodelkan kondisi operasional velg dengan menggunakan software Menjalankan eksekusi solusi dengan menggunakan fatigue tools
4. Menampilkan hasil solusi.
5. Melakukan analisa Mengambil kesimpulan

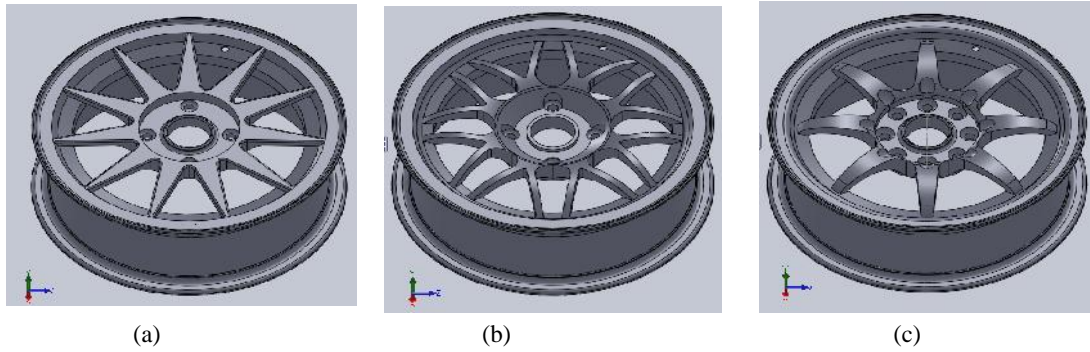
Bila dinyatakan dalam flowchart, maka flowchart penelitian adalah sebagai berikut:



Flow chart penelitian

### 3.2. Pemodelan Velg Toyota Avansa

Velg racing mobil Toyota Avansa hasil seleksi dimodelkan dalam gambar tiga dimensi (3D) sesuai dengan geometri sebenarnya menggunakan *software*. Material yang digunakan untuk pembuatan velg adalah Aluminum Alloy A356.0-T6. Hasil pemodelan dapat dilihat pada gambar 3.2



(a)Velg Model 1, (b) Velg Model 2, dan (c) Velg Model 3

3.3. Simulasi

Simulasi secara numerik dengan menggunakan software berbasis metode elemen hingga untuk mendapatkan fatigue dari velg. Fatigue tools yang digunakan adalah *Fatigue Life, Damage, safety factor dan tegangan alternating*.

3.4 Hasil dan pembahasan

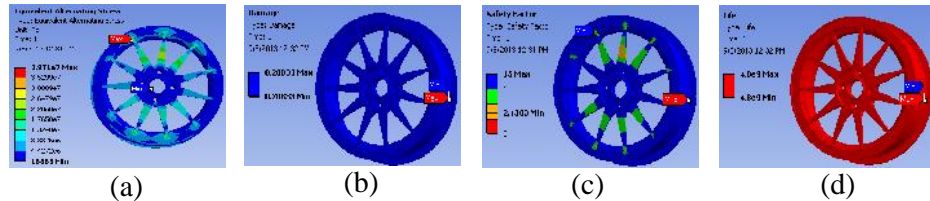
hasil simulasi akan diperoleh besar nilai tegangan yang paling kritis pada masing-masing model velg yang selanjutnya akan dibandingkan dengan *yield strength* material yang dipakai.

**Hasil dan Pembahasan**

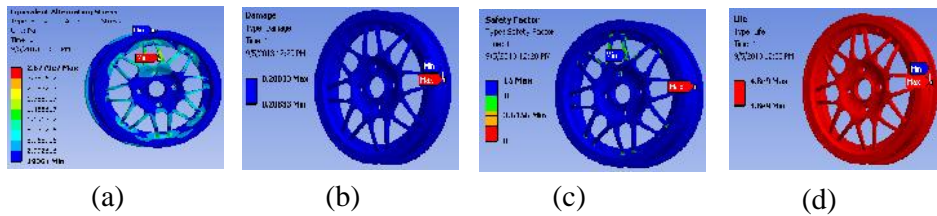
4.1 Hasil.

Simulasi dilakukan dengan memvariasiakan gaya normal, hasilnya dapat dilihat untuk berbagai model velg adalah sebagai berikut :

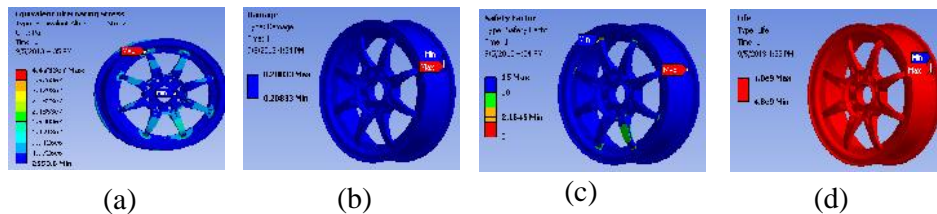
1. Hasil Simulasi Velg Model 1



2. Hasil Simulasi Velg Model 21



3. Hasil Simulasi Velg Model



Hasil Simulasi *Fatigue* velg (a) *Equivalent Alternating Stress*, (b) *Damage* (Kerusakan), (c) *Safety Factor*, (d) *Life*

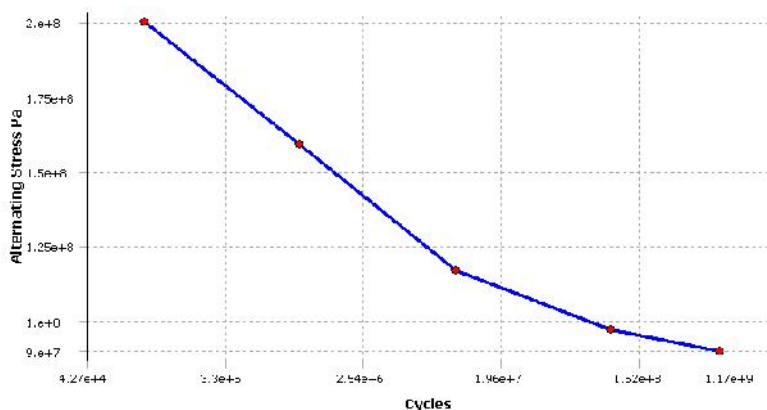
## PEMBAHASAN

Sesuai dengan data hasil simulasi *Fatigue Equivalent Alternating Stress*, maka diperoleh bahwa *Alternating Stress Maximum Velg* Model pertama  $3,971 \times 10^7$  Pa, model velg kedua  $2,6779 \times 10^7$  dan model ketiga  $4,4733 \times 10^7$  Pa, yang merupakan nilai terbesar dari velg 1 dan velg model 2.

*Safety Factor* untuk masing-masing model velg sesuai hasil simulasi diperoleh nilai *safety factor* untuk velg model pertama 2,843, velg model kedua 3,615 dan untuk velg model ketiga 2,1645. Sehingga yang aman digunakan pada mobil toyota avansa yaitu velg model kedua karena memiliki *safety factor* yang besar.

Umur *velg* yang diperoleh dari hasil simulasi *Fatigue Life* untuk ketiga *Model Velg Racing Mobil Toyota Avanza* dengan beberapa perlakuan *Force* (Pembebanan) adalah  $4,8 \times 10^9$  cycle . bila dikonversikan 1 s telah berlangsung 9,6 cycle, maka diperoleh umur *velg* tersebut yaitu 15,9 tahun. dengan demikian bila dibandingkan dengan *Endurance limit* dari material ( $5 \times 10^8$  cycle), maka desain dapat dikatakan akan mengalami kegagalan dalam waktu yang lama atau *infinite cycle*

analisis untuk *alternating stress* dapat dilihat bahwa nilai yang diperoleh masih jauh di bawah nilai minimal *alternating stress* pada curva S-N material *Aluminum Alloy A356.0-T6*.



Grafik Kurva S-N Material Aluminum Alloy A356.0-T6

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian secara numerik terhadap beberapa model velg toyota avansa, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. *life cycle* untuk ketiga model velg yaitu  $4,8 \times 10^9$  cycle , sesuai dengan keinginan konsumen yaitu velg harus memenuhi batas kegagalan yang sangat lama (*infinite cycle*).
2. *Alternating stress* maximum terdapat pada velg model ketiga yaitu sebesar  $4,4733 \times 10^7$  Pa . Sehingga bila dibandingkan dengan curva S-N material *Aluminum Alloy A356.0-T6* maka model velg yang dikembangkan dapat diterima.
3. *Safety factor* terbesar terdapat pada model *velg* kedua sebesar 3,6156, sedangkan *Safety Factor* terkecil terdapat pada model *velg* 3 senilai 1,3797, sehingga dapat dikatakan model *velg* kedua lebih aman untuk dipergunakan daripada model *velg* 1 dan model *velg* 3.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bosi, C, G.L. Garagnani, R Tovo. "Fatigue Properties of A Cast Aluminium Alloy for Rims of Car Wheels". Jurnal : Dipartimento di Ingegneria, Universita degli Studi di Ferrara, Italy.
- Hsu Yeh-Liang., Ming-Sho Hsu (2001). "Weight Reduction Of Aluminum Disc Wheels Under Fatigue Constraints Using a Sequential Neural Network Approximation Method". Jurnal : Yuan Ze University, Taiwan.
- Jalil, Abdul. (Juni 2013). "Analisis Kelelahan Pada Struktur Landasan Rangka Pada Perencanaan Pesawat Sinar-X Digital Menggunakan Metode Elemen Hingga". Jurnal: Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir BATAN Serpong.

- Kaufman, J. Gilbert and Rooy, Elwin L. (Dec 1, 2004). Aluminum Alloy Castings: Properties, Processes And Applications.
- Louhenapessy, J. Analisa Kelelahan Material *Condylar Prosthesis* dari *Groningen Temporomandibular Joint Prosthesis* Menggunakan Metode Elemen Hingga. Jurnal: ITS Surabaya.
- Lu SenKai., WenRu Wei. "*Fatigue Life Analysis of Aluminum HS6061-T6 Rims Using Finite Element Method*". Jurnal : Guilin University Of Technology, Guilin, China.
- Pinem, Mhd. Daud. (2010). Mekanika Kekuatan Material Lanjut. Penerbit Rekayasa Sains. Bandung.
- Stephens, Ralph.I., Ali Fatemi, Robert. R. Stephens (2001), "*Metal Fatigue in Engeneering*", Second edition, John Wiley & Sons, Inc., New York /Chichester / Weinheim / Brisbane / Singapore / Toronto.

