

ANALISIS PERFORMANCE VELG VROSSI HONDA SCOOPY DENGAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS METHOD* (FEAM) MENGGUNAKAN SOLIDWORKS

AHMAD ISKANDAR¹, AGUS SULAEMAN², ROFIROH³, PRATAMA RIZKY⁴

^{1,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol-Tangerang

²Hankuk University of Foreign Studies South Korea
107 Imun-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, South Korea

E-Mail : iskandar.umt@yahoo.com, sultanwahyu13@gmail.com, rofiroh@gmail.com,
pratama.puring@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan dunia otomotif dari tahun ke tahun semakin meningkat dan bergerak sangat cepat. Hal ini didukung oleh keadaan dimana saat ini kendaraan bukan lagi menjadi hal mewah. Berdasarkan Badan Pusat Statistik kendaraan sepeda motor pada tahun 2018 berjumlah 106.657.952 dan pada tahun yang berikutnya tahun 2019 berjumlah 112.771.136 dengan presentase pertahun 6,20%. Velg merupakan komponen penting bagi setiap kendaraan, berfungsi pada sistem suspensi kendaraan yang menumpu beban static dan beban dinamik pada suatu kendaraan. Standar velg kendaraan bermotor diatur dalam SNI 1896:2008 yang mengacu pada JASO C 614- 87 Disc Wheel for Automobile, JIS D 4103-1998 Disc Wheel for Automobile, dalam beberapa syarat mutu dan kualitas. Metode FEA dapat menyelesaikan masalah struktur kompleks pada mekanika benda padat untuk menghasilkan solusi berupa tegangan, regangan, defleksi hingga umur fatigue. Disamping itu metode ini juga perlu adanya pendukung oleh perangkat lunak berbasis CAE seperti program Solidworks. Solidworks mampu menghitung regangan dan tegangan pada velg Honda Scoopy. Untuk mempermudah menghitung secara numeric serta membuat desain velg Honda scoopy.

Kata Kunci : Velg; Design; Solidworks; Tegangan; Regangan.

ABSTRACT

The development of the automotive world from year to year is increasing and moving very fast. This is supported by the current situation where the vehicle is no longer a luxury. Based on the Central Bureau of Statistics, motorcycle vehicles in 2018 amounted to 106,657,952 and in the following year in 2019 there were 112,771,136 with an annual percentage of 6.20%. Wheels are an important component for every vehicle, functioning on the vehicle's suspension system that supports static loads and dynamic loads on a vehicle. The standard for motor vehicle wheels is regulated in SNI 1896:2008 which refers to JASO C 614-87 Disc Wheel for Automobile, JIS D 4103-1998 Disc Wheel for Automobile, in several quality and quality requirements. The FEA method can solve complex structural problems in solid body mechanics to produce solutions in the form of stress, strain, deflection to fatigue life. Besides, this method also needs support from CAE-based software such as the Solidworks program. Solidworks is able to calculate the strain and stress on Honda Scoopy wheels. To make it easier to calculate numerically and make Honda Scoopy wheel designs.

Keywords: Wheels; Design, Solidworks, Stress and Strain

1. PENDAHULUAN

Industri otomotif menjadi salah satu industry yang berkembang pesat di Indonesia. Perkembangan dunia otomotif dari tahun ke tahun semakin meningkat dan bergerak sangat cepat. Hal ini didukung oleh keadaan dimana saat ini kendaraan bukan lagi menjadi hal mewah, melainkan menjadi hal wajar yang harus dimiliki untuk menunjang aktivitas sehari-hari atau bahkan sudah menjadi gaya hidup masyarakat.

Seiring dengan bertambahnya kebutuhan hidup masyarakat kebutuhan transportasi pun semakin meningkat bertambah. Berdasarkan Badan Pusat

Statistik kendaraan sepeda motor pada tahun 2018 berjumlah 106.657.952 dan pada tahun yang berikutnya tahun 2019 berjumlah 112.771.136 dengan presentase pertahun 6,20%. Dengan banyaknya produksi sepeda motor dari berbagai pabrikan, salah satu komponen sepeda motor yang paling utama yaitu velg. Velg merupakan komponen penting bagi setiap kendaraan, berfungsi pada sistem suspensi kendaraan yang menumpu beban static dan beban dinamik pada suatu kendaraan.

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengatur standarisasi velg kendaraan. Velg yang memenuhi standar SNI harus memiliki logo SNI di dalamnya

yang mengindikasikan produk ini sudah lulus uji SNI. Standar *velg* kendaraan bermotor diatur dalam SNI 1896:2008 yang mengacu pada JASO C 614-87 Disc Wheel for Automobile, JIS D 4103-1998 Disc Wheel for Automobile, dalam beberapa syarat mutu dan kualitas.

Salah satu metode yang sudah banyak digunakan untuk menganalisa karakteristik *Velg* adalah metode elemen hingga, Finite Element Method (FEM) atau Finite Element Analysis (FEA). Metode FEA dapat menyelesaikan masalah struktur kompleks pada mekanika benda padat untuk menghasilkan solusi berupa tegangan, regangan, defleksi hingga umur fatigue. Keunggulan dari metode FEA adalah penggunaan waktu dan biaya yang minimum, bahkan metode ini dapat digunakan sebelum prototype yang sebenarnya dibuat, disamping itu metode ini juga telah didukung oleh perangkat lunak berbasis CAE seperti program Solidworks.

Dengan mempertimbangkan masalah ini maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh desain *velg* V-Rossi ring 12 Honda Scoopy terhadap tegangan dan regangan dengan metode analisa numerik berbasis komputer yaitu perangkat lunak Solidworks untuk mempermudah proses desain dan perhitungan analisis.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun tempat pelaksanaan penelitian dilaksanakan di jln. Ekaliptus 3 Perum Bumi Indah Tahap V Blok LF No. 30 RT 07/07, Sukamantri, Pasar Kemis, Kabupaten Tangerang

Dalam metode desain *Velg* di gunakan *software* solidwork 2018. Tahap awal mendesain adalah menggambar dengan 2D, kemudian di ubah menjadi 3D menggunakan *Extrude* sesuai ukuran yang di tentukan.

Pada penelitian analisa performance *velg* ini penulis akan menggunakan beberapa alat penunjang yang berkaitan dengan proses pengerjaan, diantaranya adalah sebagai berikut;

1. Komputer

Komputer berfungsi sebagai media untuk menjalankan perangkat lunak (*Software* Solidworks) sehingga dapat digunakan dalam pemodelan maupun analisis. Untuk dapat menjalankan *Software* Solidworks sebuah computer minimal harus memiliki spesifikasi sebagai berikut;

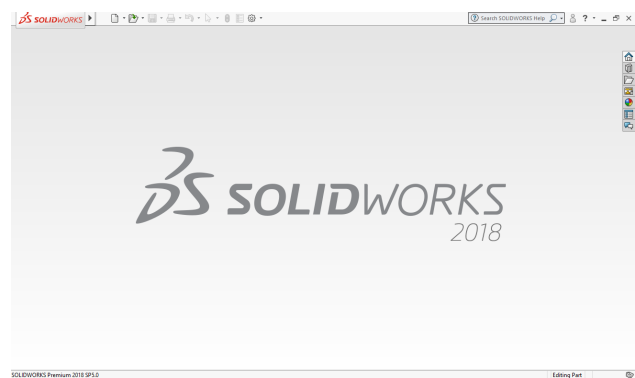
- ✚ Prosesor Intel ® Core™ I5-3210M – CPU @ 250Ghz
- ✚ Installed Memory 4,00 GB
- ✚ System type 64-bit Operation system, x64-based processor



Gambar 1. Laptop Asus

2. *Software* Solidworks 2018

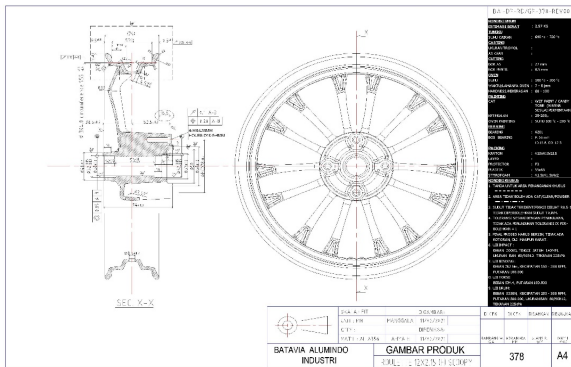
Software solidworks sebuah program CAD (*Computer Aided Design*) untuk proses pembuatan modeling tiga dimensi solid untuk proses pembuatan objek prototipe 3D secara visual, alat untuk simulasi dan drafting beserta dokumentasi data-datanya. program solidworks merupakan program komputer yang berfungsi untuk melakukan analisa kekuatan. Program tersebut dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang dikeluarkan berkurang, time market dari benda pun dapat dipercepat.



Gambar 2. Tampilan awal *Software* Solidworks 2018

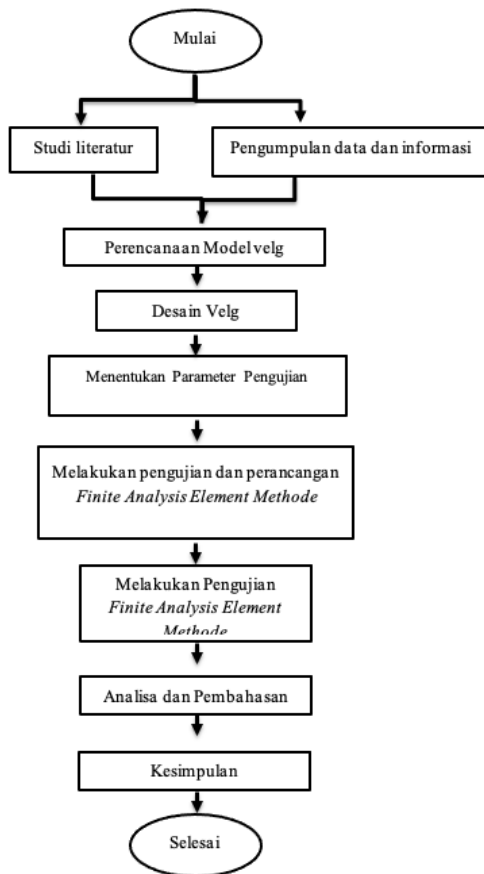
3. Desain

Pada tahap perancangan desain perlu dilakukan secara langsung penelitian pada *velg* Vrossi ini. Pertama dilakukan pengukuran langsung secara manual mulai dari palang, *spoke*, diameter *velg*, diameter tromol, lubang baut, lebar *velg*, dan yang lainnya. Selanjutnya yaitu medesain dengan menggunakan Solidworks.



Gambar 3. Etiket Velg Vrossi

Berikut alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alur Penelitian

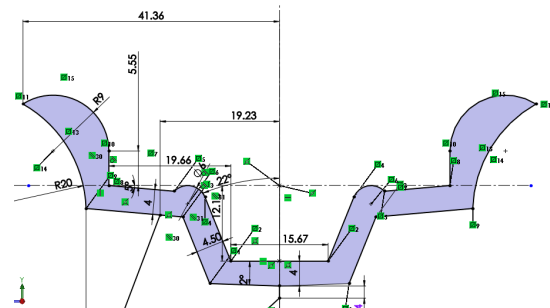
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain 2D dan 3D

Dalam pembuatan desain velg Vrossi bentuk 2D menggunakan Solidworks 2018 untuk mengawali desain. Model ini adalah model 2D untuk membuat

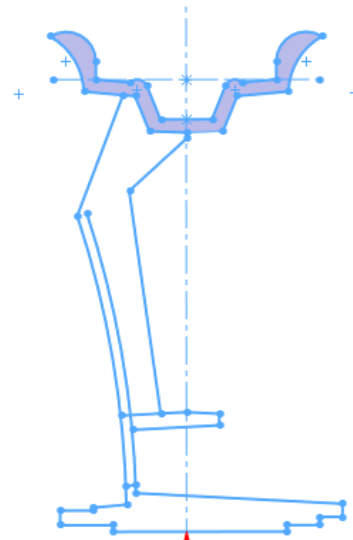
bagian luar bagian velg atau rims lingkaran velg dengan ukuran sebagai berikut:

- Lebar velg : 81.72 mm
- Tinggi : 30 mm
- Ketebalan : 4 mm



Gambar 5. Desain dan Ukuran Velg Luar 2D

Adapun setelah selesai membuat desain velg 2D bagian luar kemudian dibuat desain untuk *spoke* atau palang pada desain 3D yang sudah di *Extruded* sebelumnya



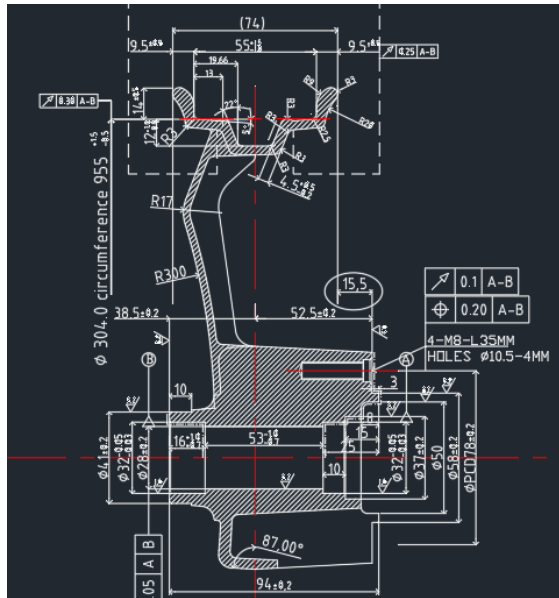
Gambar 6. Desain 2D Spoke dan Rims

Pada Gambar 6 menunjukkan desain yang terlihat secara keseluruhan untuk dibuat menjadi 3D. Pada bagian atas sudah di tunjukan rincian yaitu pada Gambar 5, lalu pada bagian setalahnya adalah desain *spoke* atau palang dari *velg* tersebut yang di desain menjadi 14 palang dari *velg*.

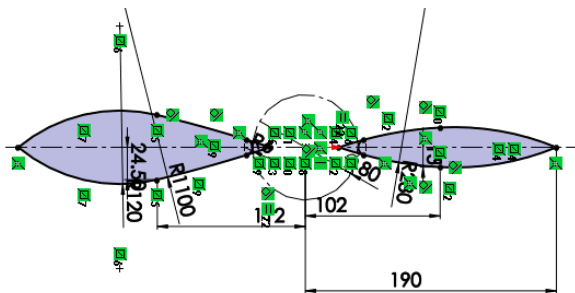
Pada Gambar 6 menunjukkan yaitu desain 2D *velg* secara seperempat bagian dengan rincian ukuran sebagai berikut:

- Lebar *velg* sisi luar : 74 mm (2,15")
- Lebar *velg* sisi dalam : 55 mm
- Diameter rumah *bearing* : 32 mm
- Diameter tromol dalam : 50 mm
- Diameter tromol luar : 58 mm

| | |
|---------------------|-------------------|
| Lebar tromol | : 94 mm |
| Jarak antar bearing | : 53 mm |
| Holes | : 10,5” – 4 mm |
| PCD | : 78 mm |
| Jenis baut | : 4 – M8 – L35 mm |

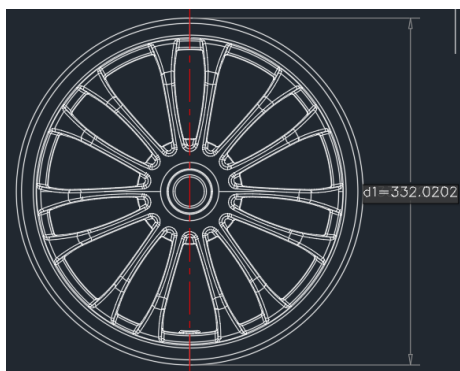


Gambar 7. Rincian Ukuran 2D



Gambar 8. Desain 2D Bagian Palang Vleg

Gambar 8 desain dari 2D bagian palang *velg* atau *spoke*. Untuk membuat awalan kita Tarik garis putus-putus horizontal supaya center untuk membuat dua bagian.

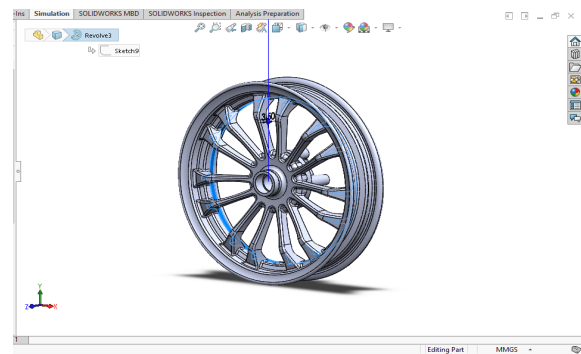


Gambar 9. Diameter Vleg

Gambar 9 menunjukkan palang *velg* dalam 2D yang di gambar di atas desain gambar 3D *velg* luar, agar mudah untuk mendesain. Dengan ketentuan ukuran sebagai berikut:

| | |
|-------------------|-----------|
| Diameter Rims | : 370 mm |
| Jarak antar Spoke | : 3.50 mm |

Setelah membuat desain *velg* dalam bentuk 2D, supaya terlihat lebih nyata maka akan dibuat desain 3D. Proses desain 3D yaitu melakukan *Extrude*, pada menu bar solidwork terdapat menu *Extruded*. Setelah klik menu *Extrude* maka otomatis gambar 2D jadi 3D.



Gambar 10. Hasil Desain Velg 3D

Adapun Gambar 10 adalah adalah hasil dari desain 3D secara keseluruhan dengan detail yang lebih terperinci.

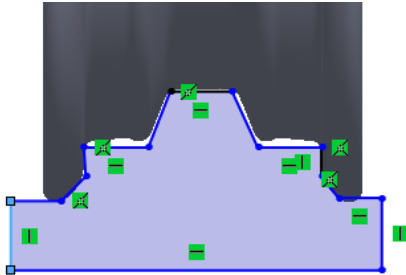


Gambar 11. Hasil Desain 3D Sisi Sebelahnya

Pada Gambar 11 terlihat desain yang berbeda yaitu ada tempat kedudukan baut untuk memasang *disk* rem cakram. Karena desain *velg* ini untuk digunakan motor metik jadi *velg* di desain cembung.

3.2 Proses Simulasi

Pada tahap ini adalah tahap yang penting untuk menentukan hasil dari penelitian yang sudah dilakukan.



Gambar 12. Desain 2D Untuk Bidang Uji Velg

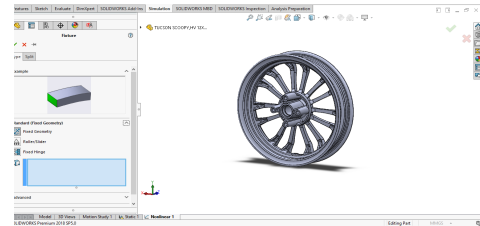
Pada Gambar 12 terlebih dulu membuat bidang uji untuk nantinya menahan beban yang dilakukan pada saat simulasi dilakukan. Berikut ini adalah proses simulasi:

1. Pilih "Top Plane" kemudian pilih "Reference Geometry" dan pilih "Plane" lalu membuat bidang uji *velg*
2. Selanjutnya pilih "Solidworks Simulation" dan pilih "New Study" dan pilih "Nonlinear" kemudian pilih "Dynamic"
3. Klik kanan pada tab "Nonlinear" dan pilih "Properties". Kemudian set waktu pengujian mulai dari 0 sampai 0,1 detik
4. Pilih material *velg* yang telah di desain. Pada penelitian ini kita menggunakan material berupa Aluminium Alloy. Berikut ini tabel sifat dari material Aluminium Alloy

Table 1. Sifat Aluminium Alloy

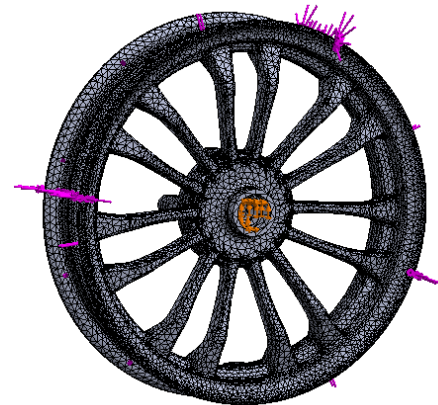
| Property | Value | Unit |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Elastic Modulus | 2,1 e + 11 | N/m ² |
| Possion's Ratio | 0.28 | N/A |
| Shear Modulus | 7.9e + 10 | N/m ² |
| Mes Density | 7700 | Kg/m ³ |
| Tensile Strenght | 723825600 | N/m ² |
| Compressive Strenght | | N/m ² |
| Yeild Strenght | 62042200 | N/m ² |
| Thermal Expansion Confcient | 13e-0.5 | /k |
| Thermal conductivity | 50 | W/(m.k) |
| Specific Heat | 460 | J/(kg.K) |

5. Pilih *Fixied Geometry* untuk membuat tahanan pada saat proses simulasi dilakukan.



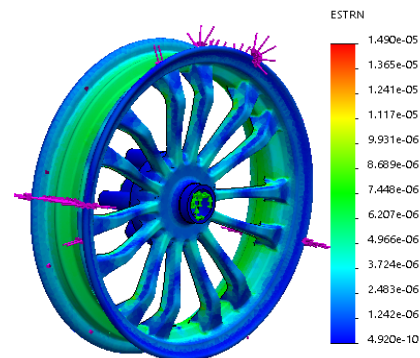
Gambar 13. Fixied Geometry

6. Selanjutnya pilih kembali "External Loads" lalu pilih "Initial Condition" untuk memberikan besarnya kecepatan proyektil yang akan bertabrakan dengan bidang uji yang telah dibuat.
7. Pilih "Mesh" lalu "Create Mesh". Pada skala "Mesh Density" pilih skala sesuai yang diinginkan lalu tunggu hingga proses *meshing* selesai.



Gambar 14. Pemberian Mesh pada Benda Kerja

8. Selanjutnya pilih "Run" untuk menjalankan simulasi *impact* yang akan di uji pada desain *velg* yang telah dibuat lalu tunggu hingga proses selesai.

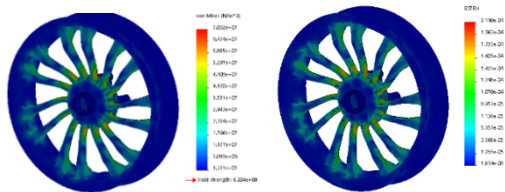


Gambar 15. Hasil Simulasi Velg

Hasil Simulasi Pengujian

Dalam melakukan pengujian dilakukan kita akan menentukan proyektil dalam 5 variasi kecepatan yaitu:

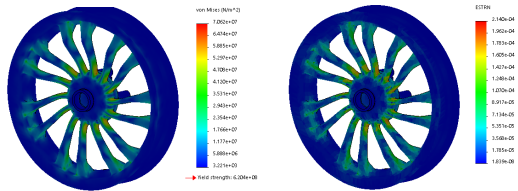
1. Pengujian dengan kecepatan dengan disistribusi 15 Km/h.



Gambar 16. Hasil Simulasi Tagangan Dan Regangan 15 km/H

Berdasarkan Gambar 16 hasil pengujian tegangan dengan pemberian variasi kecepatan 15km/h mendapati $5,297 \times 10^7$ N/m² dan untuk regangan adalah $1,607 \times 10^4$

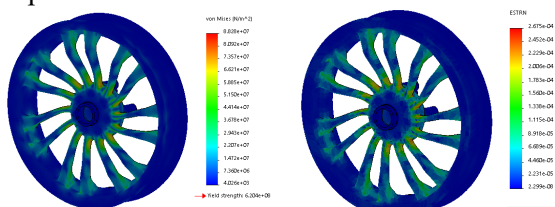
2. Pengujian dengan distribusi tegangan variasi kecepatan 20km/h



Gambar 17. Hasil Simulasi Tagangan Dan Regangan 20 km/H

Dengan melihat Gambar 17 kita dapat mengetahui hasil pengujian tegangan kecepatan 20km/h mendapati $7,062 \times 10^7$ N/m² untuk regangan adalah $2,140 \times 10^4$

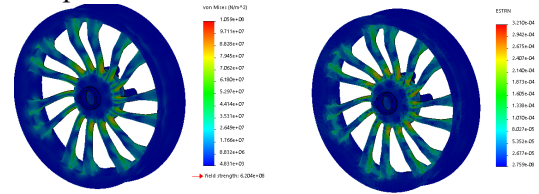
3. Pengujian dengan distribusi tegangan variasi kecepatan 25km/h



Gambar 18. Hasil Simulasi Tagangan Dan Regangan 25 km/H

Berdasarkan Gambar 18 hasil dari pengujian tegangan dengan variasi kecepatan 25km/h yaitu $8,828 \times 10^7$ N/m² dan untuk pengujian regangan adalah $2,675 \times 10^4$.

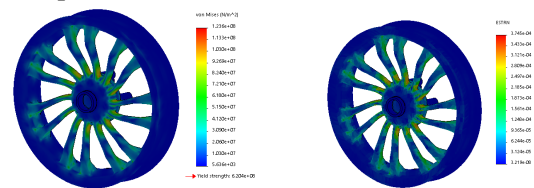
4. Pengujian dengan distribusi tegangan variasi kecepatan 30 Km/h.



Gambar 19. Hasil Simulasi Tagangan Dan Regangan 30 km/H

Berdasarkan Gambar 19 hasil pengujian tegangan dengan variasi kecepatan 35 km/h adalah $1,059 \times 10^8$ N/m² dan untuk regangan adalah $3,210 \times 10^4$.

5. Pengujian dengan distribusi tegangan variasi kecepatan 35Km/h.



Gambar 20. Hasil Simulasi Tagangan Dan Regangan 35 km/H

Adapun menurut Gambar 20 hasil pengujian regangan dengan variasi kecepatan 35km/h adalah $1,236 \times 10^8$ N/m² dan untuk hasil pengujian regangan yaitu $3,745 \times 10^4$.

Berdasarkan pemberian variasi kecepatan *impact* pada dasar bidang *spoke* menggunakan *software Solidworks*, diperoleh nilai-nilai tegangan dan regangan yaitu 15km/h, 20km/h, 25km/h, 30km/h, 35km/h, dialami oleh *velg* ketika terjadi benturan dengan proyektil. Hal ini dapat dilihat pada data tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Simulasi Velg Dengan Variasi Kecepatan

| No | Kecepatan | Tegangan | Regangan |
|----|-----------|--------------------------------------|---------------------|
| 1. | 15km/h | $5,297 \times 10^7$ N/m ² | $1,607 \times 10^4$ |
| 2. | 20km/h | $7,062 \times 10^7$ N/m ² | $2,140 \times 10^4$ |
| 3. | 25km/h | $8,828 \times 10^7$ N/m ² | $2,675 \times 10^4$ |
| 4. | 30km/h | $1,059 \times 10^8$ N/m ² | $3,210 \times 10^4$ |
| 5. | 35km/h | $1,236 \times 10^8$ N/m ² | $3,745 \times 10^4$ |



(a)



(b)

Gambar 21. Grafik Hubungan (a) antara Tegangan dengan Kecepatan, (b) antara Regangan dengan Kecepatan.

Dari hasil penelitian yang dilakukan menggunakan *Software Solidworks*, melihat dari berbagai hasil pengujian – pengujian serta hasil yang sudah dalam bentuk grafik dan tabel yang telah dibuat.

Hasil performance *factor of safety* dari *velg cast wheel* dengan material yang digunakan adalah Aluminum Alloy 6063-T6, material ini memiliki *yield strength* $2,15 \times 10^8$ N/m², nilai hasil analisis faktor keamanan disajikan pada tabel 4.

Nilai *yield strength* maksimum dari material adalah $2,15 \times 10^8$ N/m². Perbandingan *margin of safety* dari hasil masing-masing simulasi disajikan dalam bentuk tabel 4.4, seperti berikut ini:

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

| No. | Analisis | Kecepatan impact (Km/h) | Tegangan maksimu m (N/m ²) | Yield strengt h (N/m ²) | Factor of safety | Keterangan |
|-----|-------------------------------|-------------------------|--|-------------------------------------|------------------|------------|
| 1 | Pada dasar bidang spoke | 15 | $5,297 \times 10^7$ | $6,024 \times 10^8$ | 2,758 | Aman |
| | | 20 | $7,062 \times 10^8$ | | 1,768 | Aman |
| | | 25 | $8,828 \times 10^8$ | | 1,292 | Aman |
| | | 30 | $1,059 \times 10^8$ | | 1,012 | Aman |
| | | 35 | $1,236 \times 10^8$ | | 0,740 | Tidak aman |
| 2 | Pada dasar bidang antar spoke | 15 | $8,390 \times 10^7$ | $6,024 \times 10^8$ | 2,562 | Aman |
| | | 20 | $1,492 \times 10^8$ | | 1,441 | Aman |
| | | 25 | $1,927 \times 10^8$ | | 1,115 | Aman |
| | | 30 | $2,253 \times 10^8$ | | 0,954 | Tidak aman |
| | | 35 | $2,778 \times 10^8$ | | 0,773 | Tidak aman |

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

| No. | Analisis | Kecepatan impact (Km/h) | Factor of safety | Margin of safety | Keterangan |
|-----|-------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------|
| 1 | Pada dasar bidang spoke | 15 | 2,758 | 1,758 | Aman |
| | | 20 | 1,768 | 0,768 | Tidak aman |
| | | 25 | 1,292 | 0,292 | Tidak aman |
| | | 30 | 1,012 | 0,012 | Tidak aman |
| | | 35 | 0,740 | -0,26 | Tidak aman |
| 2 | Pada dasar bidang antar spoke | 15 | 2,562 | 1,562 | Aman |
| | | 20 | 1,441 | 0,441 | Tidak aman |
| | | 25 | 1,115 | 0,115 | Tidak aman |
| | | 30 | 0,954 | -0,046 | Tidak aman |
| | | 35 | 0,773 | -0,227 | Tidak aman |

Dari table di atas dapat dilihat bahwa *velg* yang diberi beban pada dasar bidang *spoke* mampu menerima kecepatan *impact* sebesar 15 km/h - 30 km/h, namun batas keamanan *velg* hanya mampu menerima kecepatan *impact* sebesar 15 km/h. Sedangkan pada *velg* yang diberi beban pada dasar bidang antar *spoke* mampu menerima kecepatan *impact* sebesar 15 km/h - 25 km/h, namun batas keamanan *velg* hanya mampu menerima kecepatan *impact* sebesar 15km/h.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Jika desain 3D terjadi kesalahan dengan *Solidworks* kita bisa memperbaiki dengan merubah desain 2D dengan mudah, karena *Solidworks* dipakai untuk medesain gambar 3D.
2. Pengujian beban *impact* pada dasar bidang *spoke* mampu menerima kecepatan *impact* sebesar 15 km/h - 30 km/h, namun batas keamanan *velg* hanya mampu menerima kecepatan *impact* sebesar 15 km/h. Pengujian beban *impact* pada dasar bidang antar *spoke* mampu menerima kecepatan *impact* sebesar 15 km/h - 25 km/h, namun batas keamanan *velg* hanya mampu menerima kecepatan *impact* sebesar 15 km/h.
3. Dari hasil performance *Safety of Factory* tidak aman dengan kecepatan 35km/h dan untuk *margin of safety* posisi paling aman hanya ketika 15km/h.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, W., Pisa, B. F., Susilo, S. H., (2011) *Sustainable Product Design for Motor Cycle Cast Wheel using Finite Element Application and Pugh's Concept Selection Method*, Seminar Nasional Teknik Mesin
Departemen Perindustrian, Badan Standar Nasional Indonesia (2008) *Pelk Kendaraan Bermotor Kategori L*. Jakarta
- Dieter George E, (1987). *Metalurgi Mekanik* (Edisi Ketiga). (Jilid 2). Jakarta: Erlangga.
- Giesecke, Frederick E. (2001) *Gambar Teknik*. Jakarta: Erlangga
- Handoyo, Y. (2013) *Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule*. Jurnal Ilmiah, Bekasi: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam.
- Harsokoesoemo, HD. (1999) *Pengantar Perancangan Teknik*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.
- Imron, M. (2010) *Kajian Ketahanan Kejut (Impact) Beton Kertas Pada Variasi Campuran*. Laporan Tugas Akhir, Surakarta: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Irawan, AH., Majanasastra, RBS., Rahmanto, RH. (2016) *Analisis Kekuatan Velg Cast Wheel Sepeda Motor Dengan Perangkat Lunak Berbasis Metode Elemen Hingga*. Jurnal Ilmiah, Bekasi: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam.
- J. P. Den Hartog (1952) *Advanced Strength of Materials*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Jensen, A. And Chenoweth, Harry H. (1983) *Applied Strength of Material* (fourth edition). McGraw-Hill inc.
- Kosasih, PB. (2012) *Teori dan Aplikasi Metode Elemen Hingga*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Malau, Viktor. (2008). *Pengaruh Perlakuan Panas Quench Dan Temper Terhadap Laju Keausan, Ketangguhan Impak Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja XW 42 Untuk Keperluan Cetakan Keramik*. Jurnal Media Teknik.
- Prabowo, SA. (2010) *Easy To Use Solidworks 2009*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Putra, RVBB. (2016) *Analaisa Dan Perancangan Pembuatan Engine Stand Transmisi Toyota Kijang 4K Dengan Menggunakan Software Solidworks 014*. Laporan Tugas Akhir, Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta
- Sudjana, Hardi. (2008) *Teknik Pengecoran Logam*, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuru