

Studi Numerik Pengaruh Variasi Jumlah Dan Ketebalan Spoke Pada Velg Paduan Aluminium Untuk Mobil MPV

Hafidin Naufal

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

Email : hafidin.naufal@gmail.com

Abstrak- Mobil MPV adalah jenis mobil yang paling banyak dimiliki oleh masyarakat Indonesia. Kegemaran masyarakat Indonesia adalah modifikasi mobil yang mereka miliki dan yang paling mudah untuk modifikasi adalah velg. Velg yang banyak digunakan untuk modifikasi adalah velg paduan aluminium (Alloy Wheel). Ada kalangan industri kecil yang membuat velg sendiri tergantung pada permintaan customernya (velg custom). Penelitian ini menggunakan catia V5 untuk membuat geometri 3D untuk 5 design velg dan melakukan studi numerik terhadap pengaruh variasi jumlah spoke dan ketebalan. Seorang designer harus mempunyai pengetahuan tentang perancangan velg agar velg yang dibuat tidak retak dan rusak ketika digunakan yang mana akan mengakibatkan pengguna dan penumpang mobil celaka. Salah satu hal yang diperhatikan adalah Analisa numerik pada velg yang mana tegangan maximal pada velg harus dibawah dari tegangan yang diizinkan (Yield Stress). Pada penelitian ini material yang digunakan adalah Aluminium Silicon 413.0 yang mempunyai nilai tegangan yang diizinkan adalah $190,3 \text{ N/mm}^2$. Pada kali ini akan dibuat 5 design velg (Spoke 6, 8, 8', 10 dan 10') lalu melakukan studi numerik dengan CATIA V5. Parameter yang digunakan untuk melakukan studi numerik adalah beban yang dikenai oleh velg yaitu beban mobil dan beban penumpang maximal 5157,25 N dan dengan menggunakan 6 variasi kecepatan. Setelah itu nilai tegangan maximal dan displacement akan muncul dan ditetentukan design tersebut aman atau tidak aman. Hasil dari studi numerik menyatakan bahwa kelima design masih bersifat aman karena nilai tegangan maksimalnya masih berada dibawah tegangan yang diizinkan. Hasil dari penelitian ini bahwa pengaruh semakin banyak spoke yang digunakan dan ketebalannya masih sama maka kekuatannya semakin baik karena tegangan dan displacement yang di alami oleh velg semakin kecil nilainya dan semakin banyak spoke yang digunakan dan ketebalannya lebih kecil nilainya dari spoke yang jumlahnya lebih sedikit maka nilai kekuatannya semakin berkurang karena tegangan dan displacement nya nilainya semakin besar.

Kata Kunci : Mobi MPV, Velg, Studi Numerik, Tegangan yang diizinkan, CATIA V5.

Abstract- MPV cars are the type of car that is most owned by the people of Indonesia. Indonesian people's penchant is a modification of the car they have and the easiest to modify is the wheel. Wheels that are widely used for modification are aluminum alloy wheels. There are small industries that make their own wheels depending on customer demand (custom wheels). This study uses Catia V5 to make 3D geometry for 5 alloy designs and conduct numerical studies on the effect of variations in the number of spoke and thickness. A designer must have knowledge about designing wheels so that the wheels that are made are not cracked and damaged when used which will result in users and passengers of the car being harmed. One of the things that is considered is the numerical analysis of the wheels where the maximal stress on the wheels must be below the permissible voltage (Yield Stress). In this study the material used is Aluminum Silicon 413.0 which has the allowable voltage value of 190.3 N/mm^2 . At this time 5 alloy designs will be made (Spoke 6, 8, 8', 10 and 10') and then do a numerical study with CATIA V5. The parameters used for conducting numerical studies are the loads imposed by alloy wheels, the car load and the maximum passenger load of 5157.25 N and by using 6 speed variations. After that the maximal stress and displacement values will appear and be determined the design is safe or unsafe. The results of the numerical study state that the five designs are still safe because the maximum stress value is still below the permissible stress. The results of this study that the influence of the more spoke used and the thickness is still the same, the strength is getting better because the voltage and displacement experienced by alloy wheels are of smaller value and the more spoke is used and the smaller the value of the spoke is less then the value its strength decreases because the value and displacement are of greater value.

Key Word : MPV Car, Wheel, Numeric Study, Permissible Stress, CATIA V5.

1. PENDAHULUAN

Penjualan mobil di Indonesia mengalami pertumbuhan. Dari data penjualan *wholesales* (dari pabrik ke diler) yang dirilis Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (Gaikindo), sebanyak 95.892 unit kendaraan laku pada Januari 2018. Angka itu naik 12,6 persen dibanding Desember 2017 yang mencapai 84.892 unit. Toyota masih jadi produsen mobil terlaris. Kontribusi terbesar datang dari MPV (Multi Purpose Vehicle) seperti Avanza, Calya dan Kijang Innova[1].

Velg adalah bagian dari mobil yang berbentuk tabung dan dibalut oleh ban. Dalam kasus kendaraan beroda empat velg selalu mendapatkan beban dari mobil setiap waktu oleh karena itu velg merupakan salah satu bagian dari mobil yang mendapatkan tegangan yang tinggi [2]. Velg mulai dikenal pada tahun 60 an yaitu ketika balapan mobil sedang menjadi trend pada waktu itu. Akibatnya banyak permintaan untuk membuat velg yang mementingkan gaya dan kualitas. Dengan demikian barulah dimulai inovasi-inovasi design yang baru terhadap velg [3].

Ada 2 jenis velg yaitu velg baja dan velg paduan aluminium (Alloy wheel). Tetapi banyak yang lebih suka dengan velg paduan aluminium karena terdapat variasi designnya yang modern. Selain itu keuntungan lain menggunakan velg paduan aluminium adalah massanya lebih ringan sehingga lebih hebat bahan bakar dan tahan terhadap korosi [4]. Oleh karena itu banyak industri-industri kecil velg custom yang mencoba untuk membuat velg paduan aluminium untuk memenuhi beberapa permintaan customer.

Salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk membuat velg paduan aluminium adalah metode lower die casting karena dengan biaya yang murah tetapi kualitas velg yang dihasilkan sudah cukup bagus [5].

Material velg yang cocok untuk lower die casting adalah paduan aluminium silikon. Paduan ini memiliki mampu alir yang baik, mampu las yang baik, sifat ketahanan korosi yang baik, memiliki massa jenis yang rendah dan *heat treatable*. Salah satu jenisnya adalah paduan A413.0 yang menjadi pilihan utama diberbagai industri otomotif sehingga permintaan velg A413.0 semakin meningkat.

Aspek keselamatan adalah salah satu konsen dari otomotif oleh karena itu velg juga termasuk didalamnya. Harus memenuhi syarat

keselamatan yaitu harus tidak mudah retak atau pecah karena kalau velg tiba-tiba retak atau pecah ketika dikendarai dalam kecepatan tinggi maka bukan tidak mungkin akan mengakibatkan kecelakaan pengendara itu sendiri [6].

Seorang designer harus mempunyai pengetahuan tentang perancangan velg agar tidak menghasikan design yang fail. Beberapa pengetahuan yang harus dimiliki adalah mengerti trend design market, tahu permodelan geometri 3 dimensi dan mengetahui kekuatan material pada material velg seperti tegangan yang diizinkan pada material (Yield Strenght). Syarat mutlak merancang design velg adalah design yang dibuat harus mempunyai tegangan maximum dibawah yield agar material masih dalam sifat elastis dan terhindar dari retak [7].

Pada penelitian ini software yang digunakan adalah CATIA V5 karena mempunyai beberapa keunggulan seperti mengkombinasikan antara design solid, wireframe, sketch dalam dalam satu windows (hybrid design) dan mensupport tahapan-tahapan dalam mengembangkan dan pembuatan suatu produk baik dalam proses CAD,CAM dan CAE (berbasis Finite Element Analysis). Pada Analisa numerik velg harus dilengkapi parameter pendukung seperti area yang di clamp, beban yang ditimpa oleh velg, variasi kecepatan mobil pada mobil__[8][9]. Setelah mendapatkan data yang lengkap maka barulah software CATIA V5 dapat menghitung parameter yang diinginkan yaitu tegangan maximal dan displacement pada velg[10].

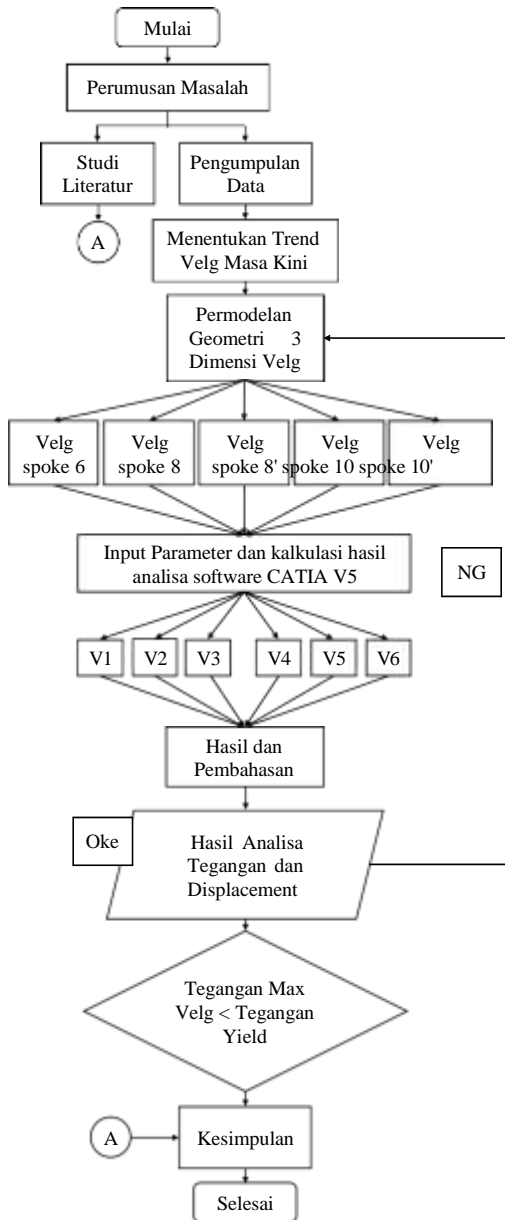
Design velg mempunyai banyak sekali variasinya, diantaranya adalah variasi jumlah spoke pada velg dan masing-masing velg mempunyai design yang ketebalan spokenya berbeda-beda, oleh karena itu pada penelitian ini akan membahas tentang pengaruh variasi jumlah spoke dan ketebalan spoke pada velg paduan aluminium dengan beberapa variasi kecepatan.

Sebenarnya sudah banyak penelitian sebelumnya mengenai simulasi numerik pada velg salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh M. Sabri, M. Rezal, A. Mu'az, K. Shahril, J.Ihsan dalam jurnal mereka yaitu Deformation Behaviour Analysis Of Car Wheel Rim Under Different Loading Using Finite Element Method, mereka menggunakan 2 software (Solidworks dan CATIA V5) untuk melakukan penelitian, tapi pada penelitian ini cukup menggunakan 1 software (CATIA V5) dengan hasil CAD dan CAE yang sama hasilnya. Solusi yang digunakan adalah dengan

menggunakan 1 software (CATIA V5) dapat membuat geometri 3D dan langsung mensimulasi numeriknya dan bila ada area yang tegangannya melebihi yield nya maka design harus direvisi seperti mengubah bentuk spoke, menebalkan ketebalan spoke, atau mengubah jumlah spoke yang digunakan tergantung dengan keadaan.

2. METODOLOGI

Sistematika dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram aliran berikut :



Gambar 1. Flow Chart

2.1 Data parameter pada CATIA V5

Beberapa data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

a. Data material yang digunakan untuk Velg

Seperti yang sudah jelaskan bahwa material yang digunakan untuk velg ini adalah Aluminium paduan 413.0. Detail dari material properties Aluminium paduan 413.0 dapat dilihat pada tabel 1[11].

Tabel 1. Material Properties Aluminium paduan A413.0

Sifat	Jenis Sifat	Nilai	Satuan
Sifat Fisik (Tensile)	Densitas	2.66	g/cm3
Sifat Fisik (Tensile)	Tensile Yield Strenght	190.3	N/mm2
Sifat Elastis	Modulus Elastisitas	72.2	Gpa
Sifat Elastis	Possion Ratio	0.33	

b. Data berat yang diterima oleh velg

Untuk menghitung beban terhadap velg maka dibutuhkan beberapa data, diantara data yang diperlukan adalah : Data berat mobil dan Berat Penumpang [6].

Berikut adalah data berat mobil MPV yang sering digunakan di Indonesia :

Tabel 2. Data Berat Mobil MPV yang sering digunakan di Indonesia

No	Nama Mobil	Massa	Satuan
1	Daihatsu Xenia	1030	Kg
2	Toyota Calya	990	Kg
3	Kijang Innova	1600	Kg
4	Honda Mobilio	1100	Kg
5	Suzuki Ertiga	1185	Kg
6	Mitsubishi Xpander	1780	Kg
7	Nissan Grand Livina	1250	Kg

Dari data berat mobil pada tabel 2 tersebut diambil data mobil yang paling berat yaitu Mobil Mitsubitshi Xpander dengan berat 1780 kg.

Sedangkan untuk berat penumpang pada mobil MPV adalah Maximal 7 orang penumpang dengan rata-rata berat orang Indonesia adalah 75 kg.

Sehingga beban pada velg adalah = (1780+525)= 2305 kg = 23050 N. sedangkan jumlah velg pada mobil adalah 4 pcs. Sehingga beban pada 1 velg adalah 5157,25 N.

c. Data Variasi Kecepatan untuk Analisa

Ada 6 variasi kecepatan yang akan digunakan untuk Analisa kekuatan velg yaitu ;

- V0 = 0 km/jam , ω1= 0 rpm
- V2 = 40 km/jam , ω2= 278.45 rpm
- V3 = 80 km/jam , ω3= 556.37 rpm
- V4 = 120 km/jam , ω4= 834.5 rpm

V5 = 160 km/jam , $\omega_5 = 1112,7$ rpm
 V5 = 200 km/jam , $\omega_1 = 1390,9$ rpm

2.2 Menentukan Trend Velg masa kini

Trend velg pada masa sekarang ini adalah velg Polish yang mana menggunakan 2 warna yang berbeda. Pada spoke dan flange dibagian samping dicat hitam dan lalu pada bagian spoke yang terlihat diberikan polish dengan machining agar terlihat kinlong.



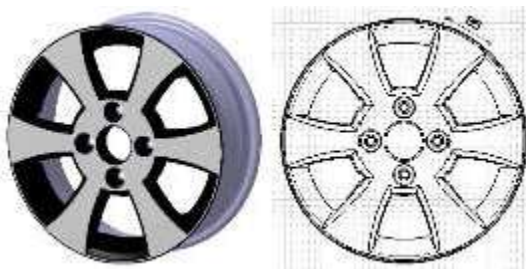
Gambar 2. Velg paduan aluminium model polish spoke 6,8 dan 10.

2.3 Permodelan geometri 3 dimensi

Pada permodelan geometri 3 dimensi velg ini digunakan software CATIA V5. Untuk daftar velg yang akan dibuat adalah sebagai berikut .

Tabel 3. Daftar velg

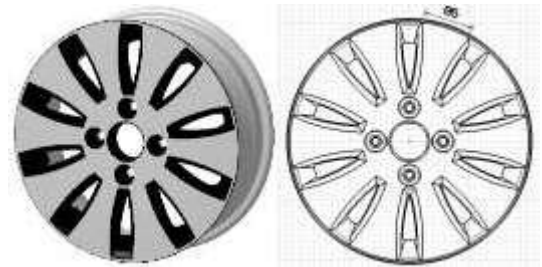
No	Varian Model
1	Spoke 6
2	Spoke 8
3	Spoke 10
4	Spoke 8'
5	Spoke 10'



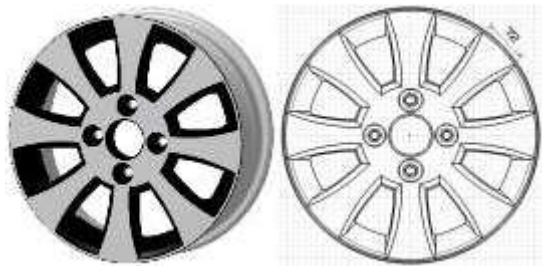
Gambar 3. Velg Spoke 6



Gambar 4. Velg Spoke 8



Gambar 5. Velg Spoke 10



Gambar 6. Velg Spoke 8'



Gambar 7. Velg Spoke 10'

Pada spoke 6, 8 dan 10 mereka mempunyai ketebalan dengan lebar spoke 85 mm sedangkan untuk spoke 8' dan spoke 10' mereka mempunyai ketebalan dengan lebar spoke 72 mm dan 59 mm.

2.4 Proses Input Parameter dengan Software CATIA V5

Langkah-langkah Analisa kekuatan pada CATIA V5 adalah sebagai berikut :

a. Pre Processing

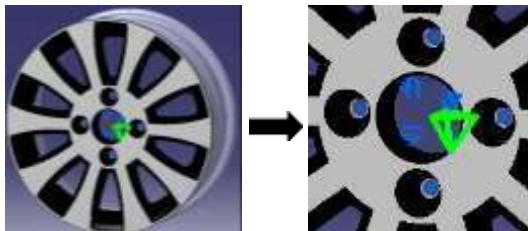
Pre processing merupakan langkah pertama dalam membangun dan menganalisa sebuah model perancangan[12].

- **Membuka model 3D velg**
- **Memilih modul yang digunakan**

Modul yang digunakan pada CATIA V5 untuk melakukan Analisa kekuatan adalah Generative Structural analysis

- **Pemilihan Material yang digunakan** Material yang digunakan adalah Aluminium paduan 413.0.
- **Menentukan bagian yang clamp**

Clamp adalah membuat area tersebut terkunci/tidak bergerak. Bagian yang di clamp adalah pada bagian lubang baut (4 pcs).



Gambar 8. Bagian yang di Clamp

- **Input beban ke velg**

Beban yang diterima oleh velg adalah sebesar 5157,25 N searah dengan arah pembebanan velg oleh mobil dan penumpang.



Gambar 9. Proses Pembebanan Velg

- **Input variasi kecepatan pada velg**

Variasi kecepatan yang digunakan adalah pada V1 sampai V6.

V0 = 0 km/jam	, $\omega_1 = 0$ rpm
V2 = 40 km/jam	, $\omega_2 = 278.45$ rpm
V3 = 80 km/jam	, $\omega_3 = 556.37$ rpm
V4 = 120 km/jam	, $\omega_4 = 834.5$ rpm
V5 = 160 km/jam	, $\omega_5 = 1112.7$ rpm
V6 = 200 km/jam	, $\omega_6 = 1390.9$ rpm

Pastikan sumbu yang digunakan untuk velg berputar dengan benar (sumbu putar garis warna kuning).



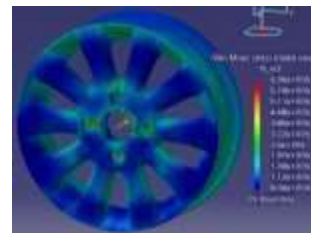
Gambar 10. Garis Sumbu Putar Velg

b. Kalkulasi

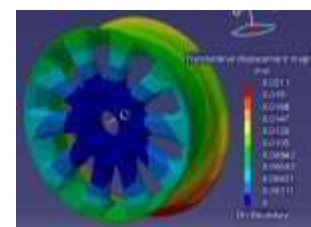
Pada kali ini permodelan 3 dimensi velg dan data-data yang telah di input akan dikalkulasi sehingga akan keluar hasil dari perhitungan pada CATIA V5.

c. Post Processing

Hasil dari perhitungan *software* CATIA V5 berupa warna yang berbeda-beda pada komponen, yang menandakan tingkat tegangan yang terjadi pada komponen tersebut. Hasil perhitungan juga menginformasikan nilai tegangan tertinggi dan terendah serta lokasi tegangan tertinggi dan terendah.



Gambar 11. Tampilan Analisa Tegangan (Stress)



Gambar 12. Tampilan Analisa Displacement

d. Hasil Analisa

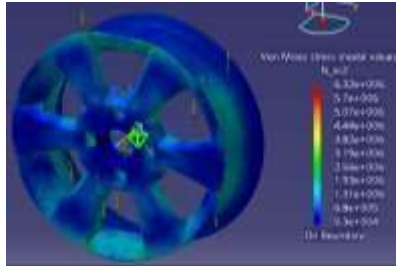
Tegangan Maximum dinyatakan aman apabila nilainya masih dibawah dari tegangan yang di izinkan (yield).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

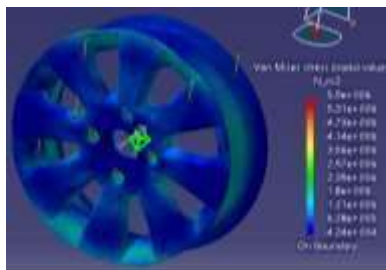
3.1 Pengaruh jumlah spoke terhadap kekuatan velg

Pada kali ini jenis velg yang di uji adalah velg dengan spoke 6,8 dan 10. Karena pada ketiga jenis velg tersebut ketebalan dari masing-masing spoke nya adalah sama.

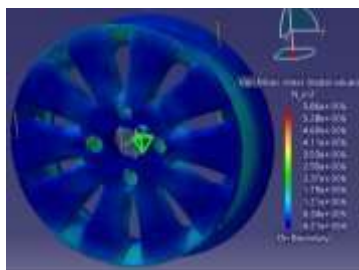
Ada 2 parameter yang akan diamati yaitu tegangan maximum dan displacement pada velg. Parameter tegangan maximal hasil analisa pengaruh jumlah spoke dapat dilihat pada gambar 11, 12 dan 13.



Gambar 13. Analisa tegangan maximal spoke 6



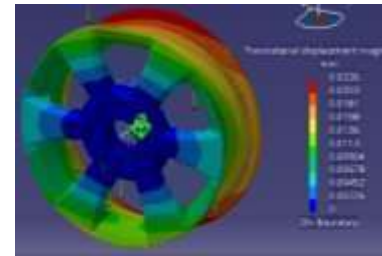
Gambar 14. Analisa tegangan maximal spoke 8



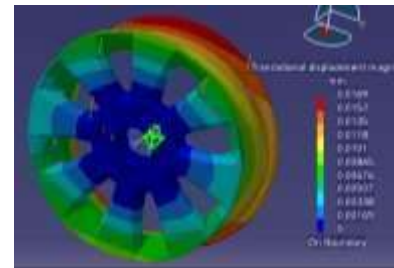
Gambar 15. Analisa tegangan maximal spoke 10

Pada gambar 11,12 dan 13 dapat dilihat bahwa tegangan maximum adalah pada area warna merah yang terletak pada area fixing bolt. sedangkan tegangan minimum adalah pada area warna biru yang umumnya menyebar pada spoke nya.

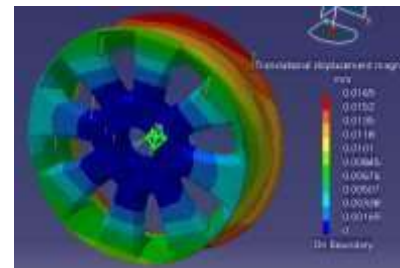
Sedangkan untuk parameter displacement hasil analisa pengaruh jumlah spoke dapat dilihat pada gambar 14, 15 dan 16.



Gambar 16. Analisa Displacement spoke 6



Gambar 17. Analisa Displacement spoke 8



Gambar 18. Analisa Displacement spoke 10 Pada

gambar 14,15 dan 16 dapat dilihat bahwa displacement maximum adalah pada area warna merah yang terletak pada area flange. sedangkan displacement minimum adalah area spoke warna biru yang terletak pada area spoke.

Sedangkan untuk hasil Analisa secara detail dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisa pengaruh jumlah spoke terhadap kekuatan velg

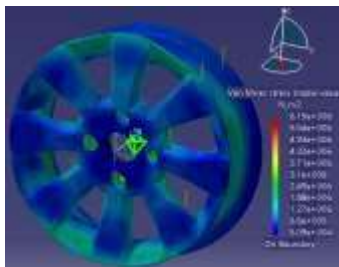
No	Jenis	Kecapatan (km/jam)	Beban (N)	Yield Strength (N/mm2)	Max Stress (N/m2)	Displacement (mm)	Safety Factor	Keterangan
1	Spoke 6	0	5157	190344000	6320000	0.0226	30.1	Aman
		40			6326000	0.0228	30.1	Aman
		80			6330000	0.0235	30.1	Aman
		120			6450000	0.0247	29.5	Aman
		160			6810000	0.0264	28.0	Aman
		200			7530000	0.0285	25.3	Aman
2	Spoke 8	0	5157	190344000	5900000	0.0169	32.3	Aman
		40			5905000	0.0171	32.2	Aman
		80			5950000	0.0177	32.0	Aman
		120			6100000	0.0188	31.2	Aman
		160			6470000	0.0203	29.4	Aman
		200			7170000	0.0223	26.5	Aman
3	Spoke 10	0	5157	190344000	5857700	0.0147	32.5	Aman
		40			5860000	0.0149	32.5	Aman
		80			5890000	0.0156	32.3	Aman
		120			6050000	0.0166	31.5	Aman
		160			6480000	0.0181	29.4	Aman
		200			7330000	0.02	26.0	Aman

Pada tabel 4 diketahui bahwa semakin banyak jumlah spoke yang digunakan dan dengan ketebalan yang sama maka nilai kekuatannya semakin baik. Lalu semakin tinggi kecepatan pada velg maka semakin tinggi pula tegangan dan displacement yang ditimbulkan. Pada ketiga design tersebut juga masih dalam kategori aman karena tegangan maximum yang ditimbulkan masih berada dibawah tegangan yang diizinkan (Yield) dan displacement yang ditimbulkan masih sangat kecil dan sifat material masih pada sifat elastis sehingga masih dapat kembali ke bentuk semula.

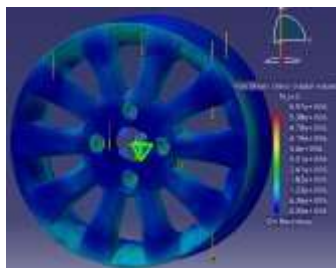
3.4 Pengaruh ketebalan spoke terhadap kekuatan velg

Pada kali ini jenis velg yang di uji adalah velg dengan spoke 8' dan velg spoke 10'. Karena pada kedua jenis velg tersebut mempunyai ketebalan yang berbeda-beda pada pada jenis velg nya yang nantinya akan dibandingkan perbedaan kekuatan akibat perbedaan ketebalan pada masing-masing design (spoke 8 dengan spoke 8' dan spoke 10 dengan spoke 10'.

Ada 2 parameter yang akan diamati yaitu tegangan maximum dan displacement pada velg. Parameter tegangan maximal hasil analisa pengaruh jumlah spoke dapat dilihat pada gambar 17 dan 18.



Gambar 19. Analisa tegangan maximal spoke 8'

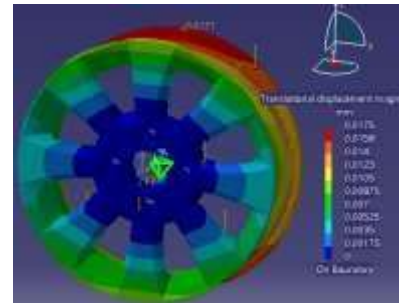


Gambar 20. Analisa tegangan maximal spoke 10'

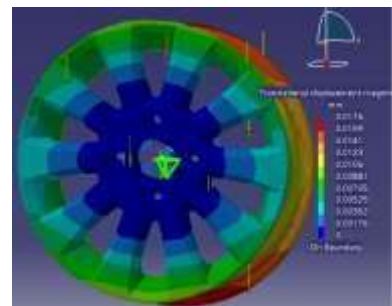
Pada gambar 17 dan 18 dapat dilihat bahwa tegangan maximum adalah pada area warna

merah yang terletak pada area fixing bolt. sedangkan tegangan minimum adalah pada area warna biru yang umumnya menyebar pada spoke nya.

Sedangkan untuk parameter displacement hasil analisa pengaruh jumlah spoke dapat dilihat pada gambar 19 dan 20.



Gambar 21. Analisa Displacement spoke 8'



Gambar 22. Analisa Displacement spoke 10'

Pada gambar 19 dan 20 dapat dilihat bahwa displacement maximum adalah pada area warna merah yang terletak pada area flange. sedangkan displacement minimum adalah area spoke warna biru yang terletak pada area spoke.

Sedangkan untuk hasil Analisa secara detail dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisa pengaruh ketebalan spoke terhadap kekuatan velg

No	Jenis	Kecepatan (km/jam)	Beban (N)	Yield Strength (Pa)	Max Stress (N/m ²)	Displacement (mm)	Safety Factor	Keterangan
1	Spoke 8	0	5157	190344000	5900000	0.0169	32.3	Aman
		40			5905000	0.0171	32.2	Aman
		80			5950000	0.0177	32.0	Aman
		120			6100000	0.0188	31.2	Aman
		160			6470000	0.0203	29.4	Aman
		200			7170000	0.0223	26.5	Aman
2	Spoke 8'	0	5157	190344000	6150500	0.0175	30.9	Aman
		40			6160000	0.0178	30.9	Aman
		80			6210000	0.0184	30.7	Aman
		120			6350000	0.0188	30.0	Aman
		160			6410000	0.0211	29.7	Aman
		200			7360000	0.0226	25.9	Aman
3	Spoke 10	0	5157	190344000	5857700	0.0147	32.5	Aman
		40			5860000	0.0149	32.5	Aman
		80			5890000	0.0156	32.3	Aman
		120			6050000	0.0166	31.5	Aman
		160			6480000	0.0181	29.4	Aman
		200			7330000	0.02	26.0	Aman
4	Spoke 10'	0	5157	190344000	5969000	0.0176	31.9	Aman
		40			5970000	0.0179	31.9	Aman
		80			5973000	0.0185	31.9	Aman
		120			6070000	0.0195	31.4	Aman
		160			6360000	0.0211	29.9	Aman
		200			6980000	0.023	27.3	Aman

Pada tabel 5 diketahui bahwa semakin tebal ketebalan spoke yang digunakan maka nilai kekuatannya semakin baik. Lalu semakin tinggi kecepatan pada velg maka semakin tinggi pula tegangan dan displacement yang ditimbulkan. Pada kedua design tersebut juga masih dalam kategori aman karena tegangan maximum yang ditimbulkan masih berada dibawah tegangan yang diizinkan (Yield) dan displacement yang ditimbulkan masih sangat kecil dan sifat material masih pada sifat elastis sehingga masih dapat kembali ke bentuk semula.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil Analisa yang dilakukan di software CATIA V5 maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin banyak spoke yang digunakan dan ketebalannya masih sama maka kekuatannya semakin baik karena tegangan dan displacement yang di alami oleh velg semakin kecil nilainya.
2. Semakin banyak spoke yang digunakan dan ketebalannya lebih kecil nilainya dari spoke yang jumlahnya lebih sedikit maka nilai kekuatannya semakin berkurang karena tegangan dan displacement nya nilainya semakin besar.
3. Tegangan dan displacement pada velg akan semakin besar bila kecepatan semakin tinggi yang digunakan.

Tabel 6. Hasil Analisa kekuatan dengan software CATIA V5

No	Jenis	Kecepatan (km/jam)	Beban (N)	Yield Strength (N/mm ²)	Max Stress (N/m ²)	Displacement (mm)	Safety Factor	Keterangan
1	Spoke 6	0	5157	190344000	6320000	0.0226	30.1	Aman
		40			6326000	0.0228	30.1	Aman
		80			6330000	0.0235	30.1	Aman
		120			6450000	0.0247	29.5	Aman
		160			6810000	0.0264	28.0	Aman
		200			7530000	0.0285	25.3	Aman
2	Spoke 8	0	5157	190344000	5900000	0.0169	32.3	Aman
		40			5905000	0.0171	32.2	Aman
		80			5950000	0.0177	32.0	Aman
		120			6100000	0.0188	31.2	Aman
		160			6470000	0.0203	29.4	Aman
		200			7170000	0.0223	26.5	Aman
3	Spoke 10	0	5157	190344000	5857700	0.0147	32.5	Aman
		40			5860000	0.0149	32.5	Aman
		80			5890000	0.0156	32.3	Aman
		120			6050000	0.0166	31.5	Aman
		160			6480000	0.0181	29.4	Aman
		200			7330000	0.02	26.0	Aman
4	Spoke 8'	0	5157	190344000	6150500	0.0175	30.9	Aman
		40			6160000	0.0178	30.9	Aman
		80			6210000	0.0184	30.7	Aman
		120			6350000	0.0188	30.0	Aman
		160			6410000	0.0211	29.7	Aman
		200			7360000	0.0226	25.9	Aman
5	Spoke 10'	0	5157	190344000	5969000	0.0176	31.9	Aman
		40			5970000	0.0179	31.9	Aman
		80			5973000	0.0185	31.9	Aman
		120			6070000	0.0195	31.4	Aman
		160			6360000	0.0211	29.9	Aman
		200			6980000	0.023	27.3	Aman

4. Dari 5 design velg yang dibuat maka design yang paling baik kekuatannya adalah design yang ke 3 yaitu velg spoke 10.
5. Semua design velg yang dibuat masih dalam kategori aman karena nilai tegangan maksimalnya masih jauh dibawah tegangan yang diizinkan (Yield) dan nilai displacement yang ditimbulkan masih sangat kecil sehingga tidak ada masalah.
6. Daerah yang mengalami tegangan paling besar adalah pada area lubang baut karena pada area tersebut area yang paling dekat dengan impact putaran roda dan merupakan area yang ketebalannya lebih tipis dari area lainnya.
7. Daerah yang mengalami displacement paling besar adalah pada area flange karena paling dekat dengan sumber gaya beban.

Daftar Pustaka

- [1] "15 Mobil Paling Laris di Awal 2018." .
- [2] S. K. Narne, A. Talluri, N. Yarra, and U. G. Student, "Design and Analysis of Wheel Rim With Spoke Patterns Using Different," *Des. Anal. Wheel RIM WITH SPOKE PATTERNS USING Differ. Mater.*, vol. 8, no. 5, pp. 538–541, 2017.
- [3] D. H. Burande and T. N. Kazi, "Fatigue Analysis of Alloy Wheel for Passenger Car under Radial Load," vol. 4, no. 2, pp. 26–35, 2016.
- [4] S. O. Igbudu and D. A. Fadare, "Comparison of Loading Functions in the

- Modelling of Automobile Aluminium Alloy Wheel under Static Radial Load,” *J. Appl. Sci.*, no. July, pp. 403–413, 2015.
- [5] M. Tech, “Minimization of Casting Defects in Aluminum Alloys Wheels Through Manufacturing Processes , Quality Control , and Design,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 7, pp. 478–481, 2017.
- [6] A. H. Irawan, R. B. S. Majanasastra, and R. H. Rahmanto, “Analisis Kekuatan Velg Cast Wheel Sepeda Motor dengan Perangkat Lunak Berbasis Metode Elemen Hingga,” *Ejournal-Unisma*, vol. 4, no. 2, pp. 57–66, 2016.
- [7] P. Rajarethinam and K. Periasamy, “Spokes,” *Modif. Des. Anal. Mot. Cycle Wheel Spokes*, pp. 123–127, 2014.
- [8] K. Venkatesh, M. B. N. S, and M. K. K, “LINEAR STATIC ANALYSIS OF A CAR ALLOY WHEEL DESIGN USING FINITE,” vol. 6, no. 1, pp. 197–203, 2017.
- [9] B. Rudianto, J. Mesin, and F. Sains, “ANALISIS KONSTRUKSI RANGKA ALAT PENGUJIAN POMPA MENGGUNAKAN PROGRAM CATIA V5,” no. April, pp. 88–93, 2014.
- [10] M. Sabri, M. Rezal, A. Mu, K. Shahril, and J. Ihsan, “Deformation Behaviour Analysis Of Car Wheel Rim Under Different Loading Using Finite Element Method,” *Deform. Behav. Anal. Car Wheel Rim Under Differ. Load. Using Finite Elem. Method*, vol. 5, no. April, pp. 181–184, 2015.
- [11] H. R. Dalimunthe, “DESAIN DAN ANALISIS VELG MOBIL BERBASIS ALUMINIUM ALLOY,” 2014.
- [12] A. B. Setiawan and S. E. Pratiwi, “Perancangan dan Analisis Tegangan Separator Produksi Menggunakan Software PV Elite dan SolidWorks,” *Peranc. dan Anal. Tegangan Sep. Produksi Menggunakan Softw. PV Elit. dan SolidWorks*, vol. 07, no. 2, pp. 97– 103, 2018.