

# PERANCANGAN DESAIN *VELG* SEPEDA MOTOR *HYBRID* DAN PENGUJIAN DISTRIBUSI BEBAN DENGAN *SOFTWARE* AUTODESK INVENTOR

Eko Arif Syaefudin<sup>1</sup>, Imam Basori<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta  
Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur, Indonesia, 13220  
Email: eko\_arif\_syafudin@yahoo.com  
Dosen Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta <sup>(1),(2)</sup>

## ABSTRAK

*Sepeda motor hybrid merupakan salah satu solusi alternatif saat ini dalam mengatasi keterbatasan bahan bakar minyak yang tidak dapat diperbaharui. Hybrid adalah teknologi yang menggabungkan dua atau lebih tenaga penggerak dalam satu kendaraan. Sepeda motor hybrid ini menggunakan dua macam tenaga penggerak yaitu mesin berbahan bakar minyak dan motor listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengadaptasi teknologi hybrid agar bisa digunakan pada sepeda motor. Dalam menerapkan sepeda motor hybrid ini, diperlukan beberapa perubahan komponen, salah satu diantaranya adalah velg. Perubahan velg ditujukan agar motor listrik sebagai penggerak sepeda motor dapat dimasukkan ke dalam velg. Desain velg ini sangat penting agar perubahan velg ini bisa diaplikasikan pada sepeda motor yang telah digunakan masyarakat. Desain tersebut dibuat menjadi dua tipe, yaitu velg jari-jari (spoke wheel) dan velg racing (cast alloy wheel) yang berdiameter 17 inchi dan digunakan untuk sepeda motor jenis moped (bebek).*

*Pembuatan desain velg ini menggunakan software Autodesk Inventor. Dalam program Autodesk Inventor, meliputi fitur untuk desain 3 dimensi dan 2 dimensi. Model dan dimensi juga dapat dibuat secara akurat dan tepat. sehingga ketika akan dianalisis dapat menghasilkan data yang tepat. Velg yang dibuat adalah jenis velg jari-jari dan velg racing dengan perbedaan variasi tiap velg. Desain velg ini kemudian diuji untuk mengetahui kekuatan yang dapat ditahan oleh velg jika diberi beban baik dalam keadaan diam (statis) maupun bergerak (dinamis). Beban yang diberikan merupakan beban kendaraan ditambah beban penumpang. Pada pengujian ini beban yang diberikan dalam keadaan statis mulai dari 1.500 N hingga 3.000 N dengan kelipatan 250 N sedangkan untuk pengujian dinamis, beban yang diberikan sebesar 3.000 N dan momen mulai dari 5.000 N.mm hingga 30.000 N.mm dengan kelipatan 5.000 N.mm.*

*Pengujian ini menggunakan software Autodesk Inventor, yang dapat menyesuaikan material tiap komponen sesuai dengan material yang dianjurkan. Dengan menghitung faktor keamanan tiap velg, tegangan luluh (Yield strength) dibagi dengan tegangan Von Mises maksimum, pada pengujian statis, semua velg memiliki faktor keamanan lebih dari 1,0. Pada pengujian dinamis, didapatkan hasil velg jari-jari tipe E dengan jumlah jari-jari 64 buah adalah velg yang tepat digunakan sebagai velg sepeda motor hybrid. Faktor keamanan pada velg tipe E memiliki nilai 1,457. Velg ini menggunakan material steel yang memiliki Yield strength sebesar 207 MPa dan tegangan Von Mises maksimum sebesar 141,999 MPa.*

*Kata kunci: desain velg, sepeda motor hybrid, software Autodesk Inventor*

---

## 1. PENDAHULUAN

Sepeda motor merupakan sarana transportasi yang sangat penting dalam era modern seperti saat ini, karena itu jumlah sepeda motor semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat dengan semakin padatnya lalu lintas walaupun pembangunan sarana lalu lintas selalu ditingkatkan. Semakin meningkatnya kebutuhan transportasi, menyebabkan pemakaian bahan bakar minyak

yang besar. Bahan bakar minyak merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui sehingga jika pemakaiannya semakin bertambah maka jumlah bahan bakar akan semakin berkurang. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sekarang banyak dikembangkan kendaraan yang dapat mengurangi konsumsi bahan bakar minyak, salah satunya adalah kendaraan *hybrid*.

*Hybrid* dapat dijadikan solusi alternatif dalam menekan konsumsi bahan bakar dan juga mengurangi emisi gas buang. Kendaraan *hybrid* memadukan dua macam penggerak yaitu mesin berbahan bakar minyak dan motor listrik. Pada kondisi tertentu, yang tidak terlalu membutuhkan kecepatan dan akselerasi yang tinggi atau pada kondisi jalan yang tidak berkontur tinggi-rendah juga pada lalulintas yang padat, kendaraan dapat menggunakan penggerak motor listrik sehingga mesin berbahan bakar minyak tidak bekerja (mati), sebaliknya pada saat mesin berbahan bakar minyak bekerja, putaran roda kendaraan dapat dimanfaatkan sebagai pengisi daya untuk motor listrik. Hal ini yang menjadi kelebihan dari kendaraan *hybrid*. Saat ini banyak pihak yang sudah melakukan riset bahkan telah menghasilkan *prototype* meskipun masih membutuhkan banyak penyempurnaan.

Sepeda motor bisa dikembangkan menjadi kendaraan *hybrid*. Tentunya dengan melakukan perubahan pada beberapa komponennya, yaitu *velg*, agar dapat dipasang sebuah motor listrik yang dapat menggerakkan sepeda motor tersebut. *Velg* merupakan penunjang sekaligus tempat dimana ban terpasang. *Velg* dapat dibuat dalam berbagai proses, salah satu diantaranya adalah pengecoran *Velg* merupakan salah satu komponen otomotif yang terus mengalami kemajuan desain dan banyak mengutamakan estetika.

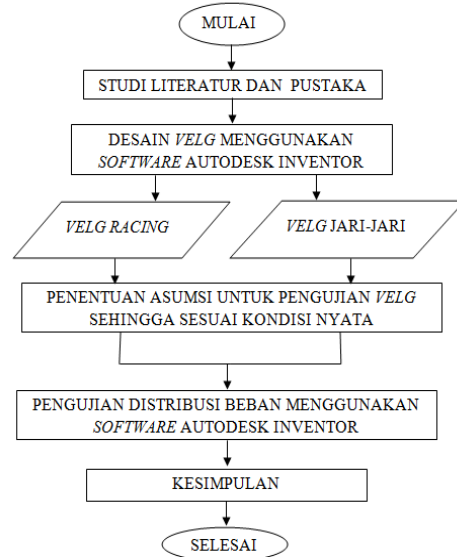
Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai jenis *velg* yang tepat untuk digunakan pada sepeda motor *hybrid*. Penelitian ini sangat penting agar dalam mendesain *velg* sepeda motor *hybrid*, bisa ditentukan bahan, model, dimensi, dan parameter lain yang dapat menunjang kemampuan, ketahanan, serta penampilan yang baik bagi sepeda motor *hybrid*.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen. Untuk mendapatkan gambar *velg* yang sesuai dengan aslinya, *velg* diukur secara manual dengan teliti, setelah itu, *velg* digambar dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* tersebut yang berbasis Metode Elemen Hingga yang mampu menyelesaikan persoalan-persoalan struktur dan material untuk menganalisis tegangan (*stress*), getaran (*vibration*), dan distribusi beban *velg* dalam berbagai kondisi. Metode Elemen Hingga digunakan karena metode ini menggunakan pendekatan yang berasumsi peralihan atau asumsi tegangan atau berdasarkan kombinasi keduanya pada setiap elemennya. Simulasi komputer dilakukan untuk mengklarifikasi

perlakuan mekanik yang terjadi akibat pengujian secara eksperimental.

Tahap penelitian dalam penelitian ini dapat digambarkan dengan bagan aliran proses penelitian sebagai berikut:



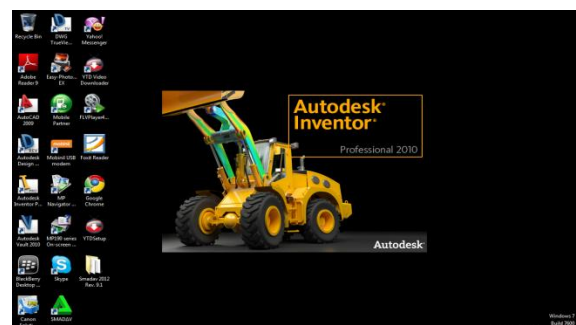
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### a. Desain Velg

Pemodelan dalam penelitian ini meliputi pemodelan dengan penerapan metode elemen hingga dengan bantuan *software* Autodesk Inventor, yang bertujuan untuk melakukan analisis tegangan dan deformasi yang terjadi pada *velg*.

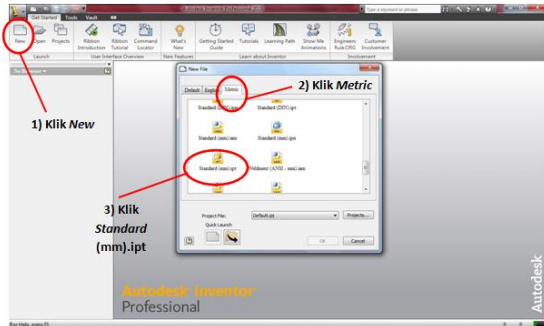
Pada penelitian ini, desain *velg* dibuat menjadi dua macam, yaitu *velg* jari-jari (*spoke wheel*) dan *velgracing* (*cast alloy wheel*). Dari dua tipe *velg* tersebut juga dibuat beberapa model untuk mendapatkan variasi data sehingga pada tahap pengujian bisa ditentukan tipe dan model *velg* apa yang mempunyai hasil maksimal. Desain tersebut juga diadaptasi dari *velg* yang beredar di pasaran dan umum digunakan pada sepeda motor. Dalam pembuatan desain *velg*, memerlukan beberapa langkah, diantaranya :

Pada layar awal komputer, pilih *icon* dari Autodesk Inventor, kemudian klik kiri, maka program akan terbuka.



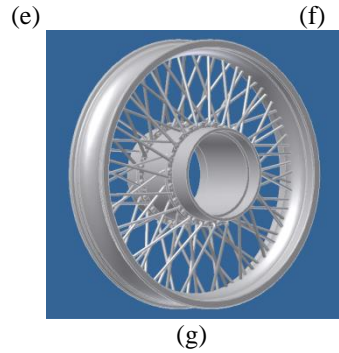
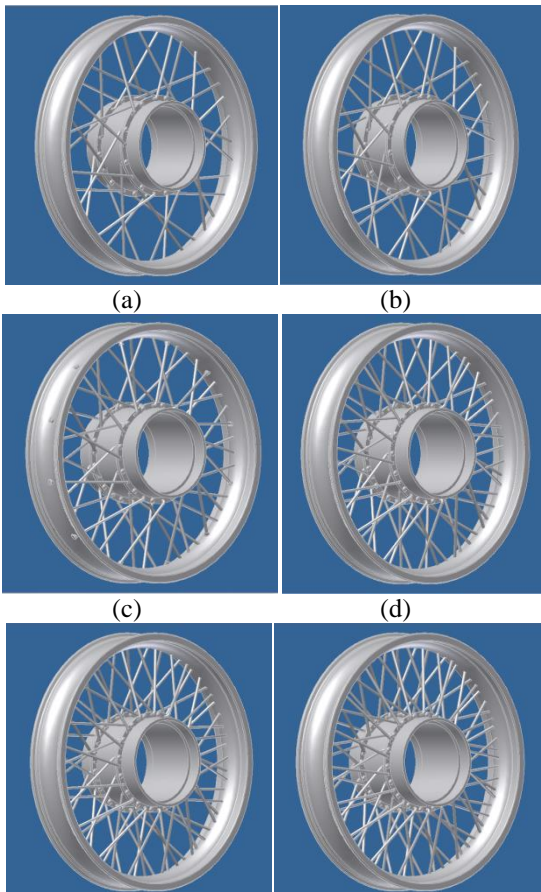
Gambar 2. Membuka Autodesk Inventor

Setelah program terbuka, akan tampil menu awal. Untuk membuat lembar kerja baru, klik *New - Metric - Standard (mm).ipt*. Kemudian akan tampil lembar kerja baru.



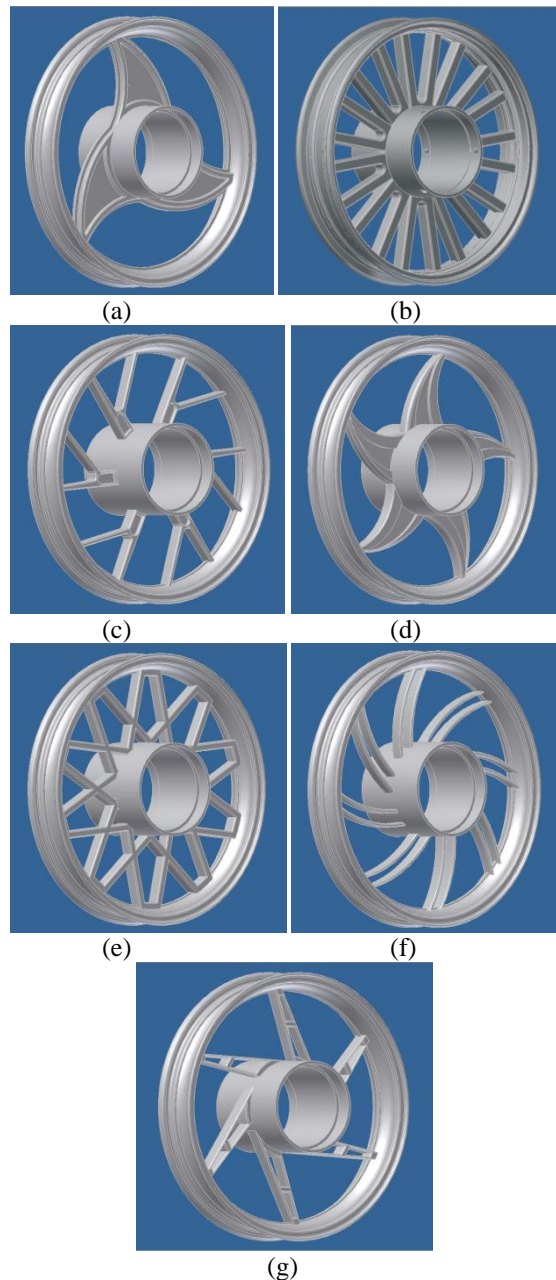
Gambar 3. Membuat File Kerja Baru

Setelah File baru muncul, langkah selanjutnya adalah membuat sketsa velg tersebut. Dengan mempelajari terlebih dahulu software Autodesk Inventor, maka dapat dibuat desain yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Desain yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 14 tipe terdiri dari 7 tipe velg jari-jari dan 7 tipe velg racing. Selain velg, dalam penelitian ini juga mendesain komponen pendukung velg sepeda motor hybrid. Berikut ini adalah hasil dari desain yang dibuat, yaitu:



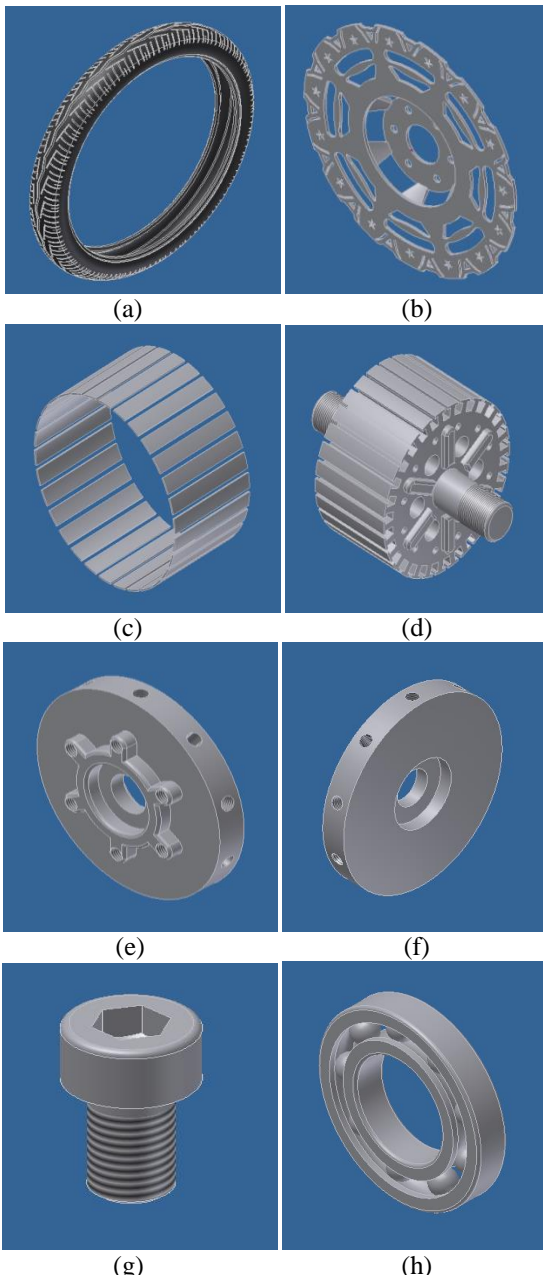
(g)

Gambar 4. Velg Jari-jari (a) Tipe A (b) Tipe B (c) Tipe C (d) Tipe D (e) Tipe E (f) Tipe F (g) Tipe G



Gambar 5. Velg Racing (a) Tipe H (b) Tipe I (c) Tipe J (d) Tipe K (e) Tipe L (f) Tipe M (g) Tipe N





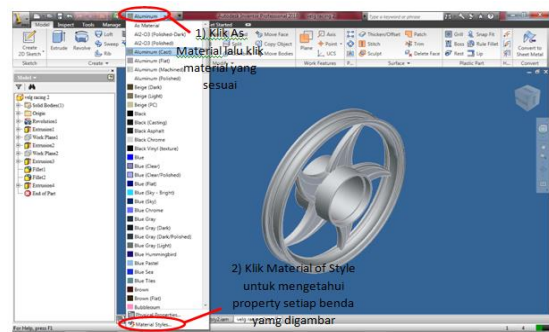
Gambar 6. Komponen Pendukung (a) Ban (b)Piringan Cakram (Disk) (c) Magnet (dipasang pada tromol *velg*) (d) Stator Motor Listrik (e) Tutup Tromol Bagian Kanan (f) Tutup Tromol Bagian Kiri (g) Mur Tipe DIN EN ISO 4762 M 10x20 (h) Bearing SKF Series EE 10

### b. Pemilihan Material Komponen

Pada *software* Autodesk Inventor, gambar yang telah didesain dapat langsung ditentukan material yang akan digunakan dengan menyesuaikan material yang dianjurkan. Pemilihan material yang digunakan, menggunakan cara yang sama untuk semua benda yang digambar. Tiap

komponen yang didesain sudah ditentukan material yang akan digunakan berdasarkan sumber yang telah dianjurkan.

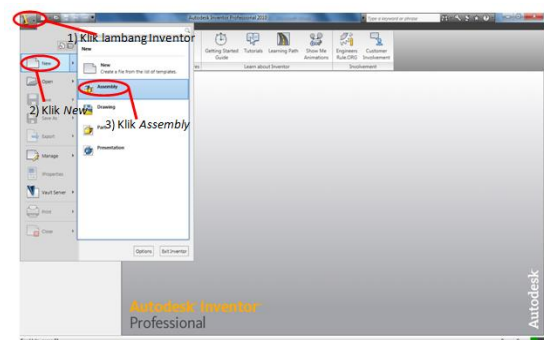
Material pada tiap komponen adalah sebagai berikut; *velg* jari-jari, tutup tromol kanan, tutup tromol kiri, cakram, magnet, dan stator listrik menggunakan material *Steel-Metal Steel*; ban menggunakan material *Rubber-Nylon Composite* (karena tidak seluruh bagian ban dibuat dengan bahan karet); sedangkan untuk *velgracing* menggunakan material *Aluminum (Cast)-Aluminum 6061*. Klik *As Material* lalu pilih material yang sesuai dengan benda yang digambar. Klik *Physical Properties* untuk mengetahui struktur material serta property lain yang dapat dilihat dengan detail.



Gambar 7. Pemilihan Material Komponen

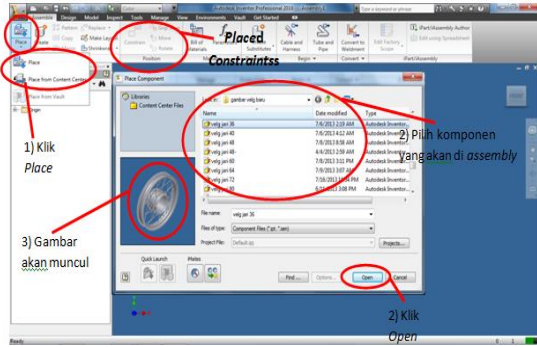
### c. Assembly Komponen

Setelah seluruh komponen dibuat secara terpisah (*part*), langkah selanjutnya adalah menyatukan komponen tersebut. Langkah adalah klik bagian pojok kiri atas (lambang Autodesk Inventor) – *New* – *Assembly*.



Gambar 8. (a) Langkah 1 membuat *assembly* komponen

Klik *Place* – muncul kotak dialog *PlaceComponent* – pilih gambar – gambar akan terlihat – klik *Open*. Maka gambar akan muncul di layar sketsa.



Gambar 8. (b) Langkah 2 membuat *assembly* komponen

Setelah gambar muncul, ulangi langkah yang sama untuk menyatukan komponen-komponen tersebut menjadi suatu kesatuan, maka seluruh komponen akan menjadi seperti gambar dibawah ini.

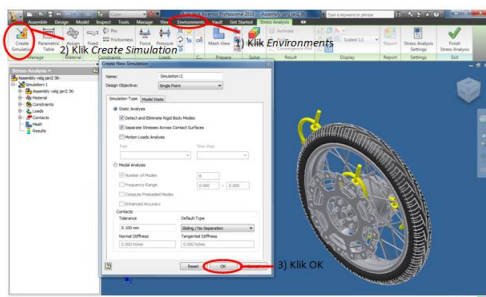


Gambar 9. (a) *AssemblyVelgJari-jari (Spoke wheel)*  
(b) *AssemblyVelgRacing (Cast alloy wheel)*

**d. Pengujian Distribusi Beban**

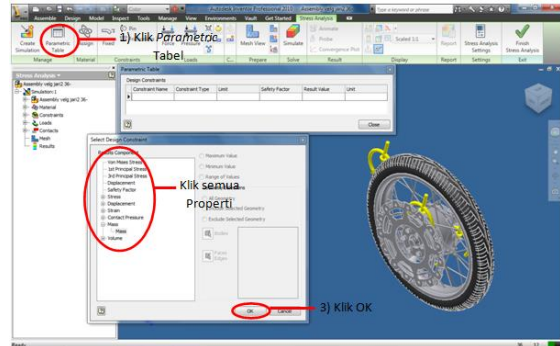
Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor dengan cara memberikan pembebanan tipe *Force* (beban statis) dan *Force + Moment Load* (beban dinamis), untuk dapat diketahui deformasi total maksimum yang dapat dicapai oleh *velg* tersebut sama dengan hasil yang diperoleh *software* tersebut.

Untuk melakukan pengujian beban pada gabungan gambar tersebut, dapat dilakukan beberapa langkah. Langkah-langkah pengujian ini sama baik pengujian pada *velg* jari-jari maupun *velgracing*. Klik *Environment – Stress analysis – CreateSimulation* - lalu klik OK.



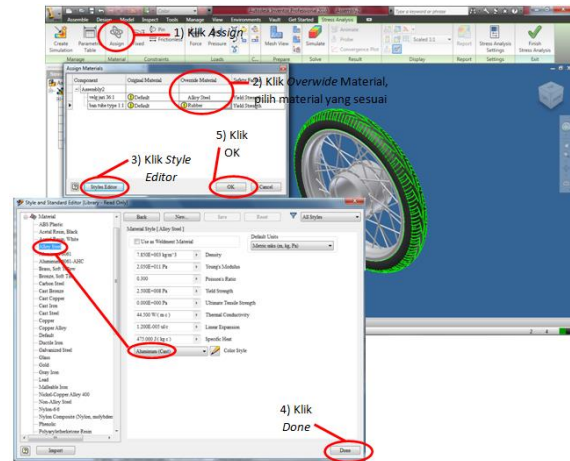
Gambar 10. (a) Langkah 1 Pengujian distribusi beban

Klik *Parametric* Tabel - klik kanan pada kotak yang muncul klik semua property yang ingin diketahui mulai dari Von Moises *Stress* hingga *Volume*. Klik OK, lakukan hal yang sama untuk setiap property.



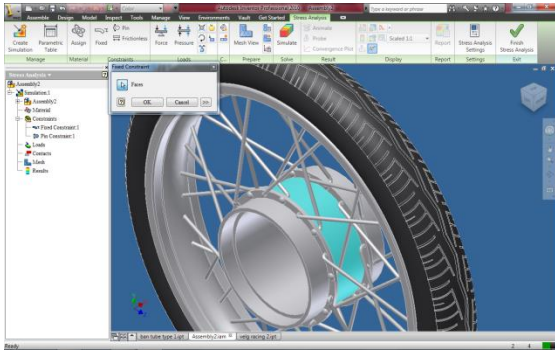
Gambar 10. (b) Langkah 2 Pengujian distribusi beban

Klik *Assign – Override Material* - pilih material sesuai dengan gambar yang dibuat. Klik *Style Editor* - sesuaikan material dengan benda - *Done*. Setelah selesai, klik OK.

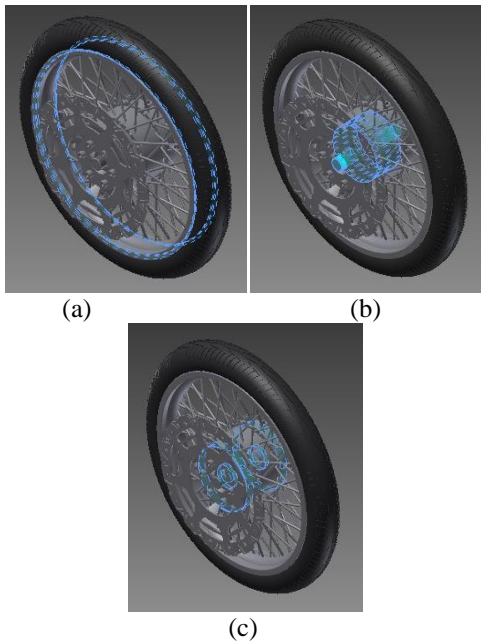


Gambar 10. (c) Langkah 3 Pengujian distribusi beban

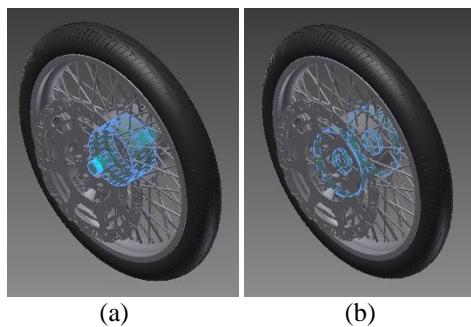
Pada gambar penelitian ini menggunakan dua jenis *constraintss* yaitu *FixedConstraintss* (digunakan pada bagian yang bergerak secara translasional) dan *PinConstraintss* (digunakan pada bagian yang berada pada posisi radial, aksial dan tangensial).Langkahnya dengan klik *FixedConstraintss* dan *PinConstraintss* pada bagian seperti dijelaskan pada gambar dibawah ini. Langkah ini dilakukan pada kedua jenis *velg*.



Gambar 10. (d) Langkah 4 Pengujian distribusi beban



Gambar 11. Constraints pada Analisis Force,  
(a) FixedConstraints  
(b) PinConstraints 1 (c) PinConstraints 2



Gambar 12. Constraints pada Analisis Force,  
(a) PinConstraints 1  
(b) PinConstraints 2

Masukkan beban yang akan diuji. Beban tersebut meliputi beban sepeda motor dan penumpang. Beban yang digunakan menggunakan satuan Newton (N). Berdasarkan pencarian dari beberapa sumber, berat rata-rata orang Indonesia

berkisar mulai dari 50 kg ke atas. Oleh karena itu, beban yang digunakan yaitu berat sepeda motor dengan satu penumpang dan berat sepeda motor dengan dua penumpang sehingga beban yang dimasukkan dalam penelitian ini dimulai dengan perhitungan sebagai berikut:

1) Force (Gaya)

Beban ini digunakan pada bagian permukaan, tepi, dan bagian yang melingkar. Jika digunakan pada lebih dari satu macam, maka gaya yang bekerja nilainya sama. Gaya ini diletakkan pada bagian tromol *velg* dan ban. Gaya yang dipakai pada penelitian ini nilainya sebagai berikut:

103 kg (sepeda motor) + 50 kg (berat penumpang) = 153 kg.

$$1 \text{ kg} = 2,20 \text{ lb} \quad (g = 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$1 \text{ lb} = 4,45 \text{ N}$$

$$\text{sehingga } 153 \text{ kg} = 153 \times 2,20 = 336,6 \text{ lb}$$

$$336,6 \text{ lb} = 336,6 \times 4,45 = 1497,87 \text{ N} = \text{dibulatkan menjadi } 1500 \text{ N}$$

Oleh karena itu, pembebanan Force pada penelitian ini dimulai dengan angka 1500 N hingga 3000 N dengan kelipatan 250 N untuk menambah variasi penelitian.

2) Moment (Momen)

Tipe pembebanan ini digunakan pada bagian permukaan yang berbentuk lingkaran dan tegak lurus terhadap sumbu x, y, atau z. Momen ini diletakkan pada bagian tromol *velg* dan ban. Pada penelitian ini, momen yang digunakan nilainya sebagai berikut:

Berdasarkan penelitian sebelumnya, kecepatan maksimum yang dapat dilakukan motor listrik untuk sepeda motor listrik mulai dari 50 km/jam.

$$\text{Kecepatan} = V = 50 \text{ km/jam} = 50 \times \frac{1000}{3600} = 13,8 \text{ m/s}$$

= dibulatkan menjadi 14 m/s

$$\text{Jari-jari } velg = r = 285 \text{ mm} = 0,285 \text{ m}$$

$$\omega = \frac{V}{r}$$

$$\omega = \text{Kecepatan sudut } (\pi \text{ rad/ s}) = \frac{14}{0,285} = 49,12 \pi \text{ rad/ s}$$

$$49,12 \pi \text{ rad/ s} = 49 \pi \text{ rad/ s}$$

$$1 \text{ rad/ s} = \frac{60}{2\pi} \text{ rpm}$$

$$49 \pi \text{ rad/ s} = 49 \pi \times \frac{60}{2\pi} = 1470 \text{ rpm}$$

$$\text{Daya motor listrik} = P = 500 \text{ watt}$$

$$P = \frac{T}{\omega}$$

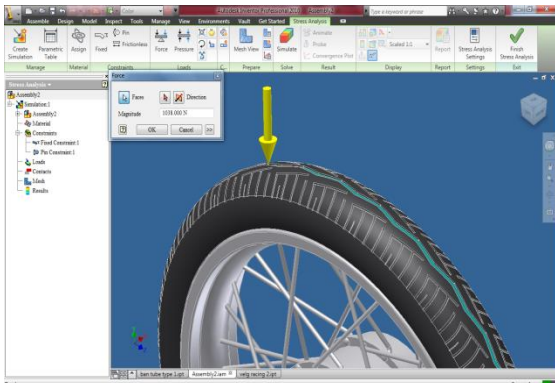
$$\text{Momen Torsi} = T = \frac{P}{\omega} = \frac{500}{49} = 10,2 \text{ N.m} = \text{dibulatkan menjadi } 10 \text{ N.m} = 10.000 \text{ N.mm}$$

Oleh karena itu, momen yang digunakan pada penelitian ini mulai dari 10.000 N.mm dengan kelipatan 5000 N.mm untuk menambah variasi penelitian dengan tetap menyertakan beban tipe Force sebesar 3000 N.

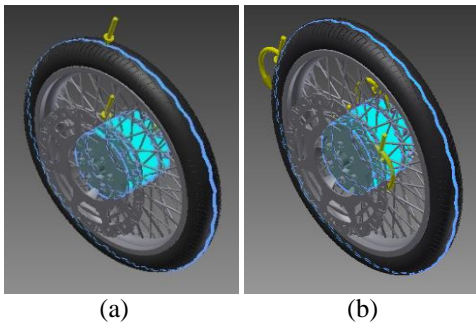
Untuk melakukan pengujian beban, klik Force– klik pada tengah-tengah ban dan bagian tromol *velg*– masukkan beban (dalam N) – OK.



Untuk pengujian momen, *Force* tetap digunakan ditambah dengan Momen dengan cara klik Momen – klik pada tengah-tengah ban dan bagian tromol *velg*. Maka akan muncul tanda pembebanan (tanda panah). Pembebanan diberikan dengan arah 28ertical ke bawah terhadap roda. Langkah ini dilakukan untuk kedua jenis *velg*. Gambar pembebanan akan ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

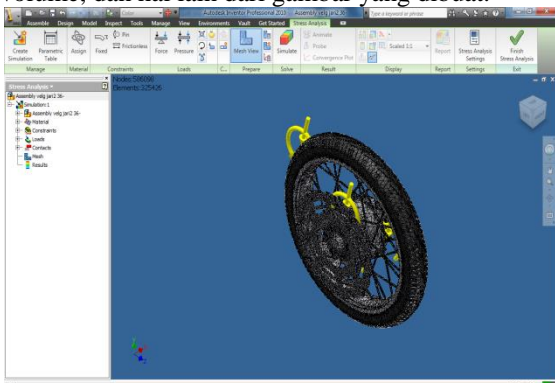


Gambar 13. Pemberian beban *Force* dan *Moment*



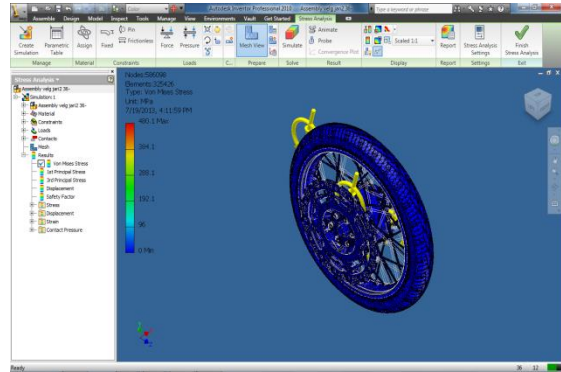
Gambar 14. Pembebanan pada Analisis (a) *Force*  
(b) *Force* dan *Moment*

Setelah selesai, klik *MeshView*. Gambar akan berubah menjadi potongan-potongan kecil. Hal ini merupakan perhitungan yang dilakukan secara metode elemen hingga. Metode ini digunakan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat dibandingkan dengan perhitungan manual karena ada beberapa hal yang sulit dilakukan dengan perhitungan manual seperti luas, berat, volume, dan hal lain dari gambar yang dibuat.



Gambar 15. *Mesh view* komponen

Setelah gambar berhasil di-*Meshing*, maka selanjutnya dilakukan simulasi. Klik *Simulate - Run*, maka setelah prosesnya selesai, akan muncul gambar yang merupakan hasil pengujian pembebanan terhadap komponen-komponen yang diuji. Hasil ini meliputi seluruh properti yang ingin diketahui. Properti tersebut dapat diketahui dengan perubahan yang terjadi pada gambar sebelum dan setelah dilakukan pembebanan.



Gambar 16. Simulasi pengujian beban

### e. Kesimpulan

Dalam menentukan tipe *velg* yang tepat digunakan untuk sepeda motor diperlukan sebuah faktor penentu yang dapat dijadikan sebagai acuan berdasarkan hasil pengujian beban pada kedua jenis *velg*. Faktor tersebut merupakan faktor keamanan *velg* tersebut setelah dilakukan pengujian. Ditinjau dari faktor keamanan pada material yang digunakan untuk *velg* sepeda motor *hybrid* harus lebih besar daripada 1,0 jika harus dihindari kegagalan. Faktor keamanan yang digunakan pada *velg* sepeda motor *hybrid* dihitung berdasarkan perbandingan tegangan luluh (*Yield Strength*) material *steel* untuk *velg* jari-jari dan aluminium (*cast*) untuk *velgracing* dibagi dengan tegangan von mises maksimum dari hasil pengujian menggunakan *software* Autodesk Inventor. Perhitungan faktor keamanan tersebut dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Faktor of Safety } (\eta) = \frac{S_y}{\sigma_e}$$

$S_y$  = Tegangan luluh material Steel sebesar 207 MPa (*velg* jari-jari) dan Aluminium-6061 sebesar 275 MPa (*velgracing*)

$\sigma_e$  = Tegangan Von Mises dari hasil pengujian (untuk *velg* jari-jari dan *velgracing* hasilnya berbeda-beda tiap tipenya)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil StressAnalysis dengan Tipe Beban Force Untuk Velg Jari-jari dan VelgRacing pada Software Autodesk Inventor

Setelah mengikuti langkah-langkah pengujian seperti pada bab 3, maka akan muncul hasil perhitungan yang dilakukan dengan Metode Elemen Hingga pada software Autodesk Inventor. Pengujian dilakukan dengan memasukkan beban mulai dari 1500 N sampai 3000 N. Beban diberikan pada bagian tengah ban dan bagian tromol velg.

Faktor keamanan untuk kedua jenis velg dan tipenya menentukan apakah velg tersebut cocok dipakai untuk sepeda motor hybrid. Faktor keamanan harus lebih besar dari 1,0, hasilnya sebagai berikut:

Tabel 1. Perhitungan Faktor Keamanan (SafetyFactor) Untuk Pengujian Force

No	Jenis Velg	Tipe Velg	Beban (Force)	Tegangan Luluh Material (Yield Strength) (Sy)	Von Mises Stress Maksimum	Faktor Keamanan (Factor of Safety) (n) = Sy/σ <sub>e</sub>
1	Velg Jari-jari (Spoke wheel)	Tipe A	1500 N	207 Mpa	8,81035 Mpa	23,495
2			1750 N		10,2789 Mpa	20,138
3			2000 N		11,7456 Mpa	17,623
4			2250 N		13,2136 Mpa	15,665
5			2500 N		14,682 Mpa	14,098
6		2750 N	16,15 Mpa		12,817	
7		3000 N	17,6184 Mpa		11,749	
8		Tipe B	1500 N		2,6394 Mpa	78,427
9			1750 N		3,07983 Mpa	67,212
10			2000 N		3,51982 Mpa	58,809
11			2250 N		3,9592 Mpa	52,283
12			2500 N		4,39971 Mpa	47,699
13		2750 N	4,8389 Mpa		42,778	
14		3000 N	5,27943 Mpa		39,208	
15		Tipe C	1500 N		3,1681 Mpa	65,338
16			1750 N		3,54759 Mpa	51,055
17			2000 N		4,05443 Mpa	51,057
18			2250 N		4,56124 Mpa	45,382
19			2500 N		5,06786 Mpa	40,846
20		2750 N	5,57484 Mpa		37,131	
21		3000 N	6,08162 Mpa		34,037	
22		Tipe D	1500 N		3,10892 Mpa	66,582
23			1750 N		3,62688 Mpa	57,075
24			2000 N		4,14451 Mpa	49,945
25			2250 N		4,66437 Mpa	44,379
26			2500 N		5,18063 Mpa	39,956
27		2750 N	5,69994 Mpa		36,316	
28		3000 N	6,2124 Mpa		33,321	
29		Tipe E	1500 N		2,56523 Mpa	80,694
30			1750 N		2,99385 Mpa	69,142
31			2000 N		3,41888 Mpa	60,546
32			2250 N		3,84645 Mpa	53,816
33			2500 N		4,27547 Mpa	48,416
34		2750 N	4,70021 Mpa		44,041	
35		3000 N	5,12849 Mpa		40,363	
36		Tipe F	1500 N		3,40181 Mpa	60,849
37			1750 N		3,96877 Mpa	52,157
38			2000 N		4,53497 Mpa	45,645
39			2250 N		5,10271 Mpa	40,566
40			2500 N		5,7255 Mpa	36,154
41	2750 N	6,29805 Mpa	32,867			

42	Velg Racing (Cast Wheel)	Tipe G	3000 N	275 Mpa	6,8706 Mpa	30,128	
43			1500 N		3,88874 Mpa	53,230	
44			1750 N		4,53687 Mpa	45,608	
45			2000 N		5,18526 Mpa	39,921	
46			2250 N		5,8334 Mpa	35,485	
47			2500 N		6,48154 Mpa	31,937	
48			2750 N		7,12952 Mpa	29,034	
49			3000 N		7,77784 Mpa	26,614	
50			Tipe H		1500 N	3,32872 Mpa	82,614
51		1750 N			3,88333 Mpa	70,815	
52		2000 N			4,43816 Mpa	61,963	
53		2250 N			4,99246 Mpa	55,083	
54		2500 N			5,54786 Mpa	49,568	
55		2750 N			6,10246 Mpa	45,063	
56		3000 N			6,65713 Mpa	41,309	
57		Tipe I			1500 N	7,21892 Mpa	38,094
58					1750 N	8,42273 Mpa	32,649
59			2000 N		9,62597 Mpa	28,568	
60	2250 N		10,8285 Mpa	25,395			
61	2500 N		12,0325 Mpa	22,854			
62	2750 N		13,2356 Mpa	20,777			
63	3000 N		14,438 Mpa	19,046			
64	Tipe J		1500 N	11,4926 Mpa	23,928		
65			1750 N	13,408 Mpa	20,692		
66		2000 N	15,3234 Mpa	17,946			
67		2250 N	17,2389 Mpa	15,952			
68		2500 N	19,1543 Mpa	14,357			
69		2750 N	21,0697 Mpa	13,051			
70		3000 N	22,9846 Mpa	11,964			
71		Tipe K	1500 N	2,87375 Mpa	95,694		
72			1750 N	3,35269 Mpa	82,023		
73	2000 N		3,83007 Mpa	71,800			
74	2250 N		4,31099 Mpa	63,791			
75	2500 N		4,78757 Mpa	57,440			
76	2750 N		5,26635 Mpa	52,218			
77	3000 N		5,74676 Mpa	47,853			
78	Tipe L		1500 N	2,59432 Mpa	106,001		
79			1750 N	3,02716 Mpa	91		
80		2000 N	3,45833 Mpa	79,518			
81		2250 N	3,89187 Mpa	70,660			
82		2500 N	4,32545 Mpa	63,577			
83		2750 N	4,75633 Mpa	57,817			
84		3000 N	5,18895 Mpa	52,997			
85		Tipe M	1500 N	13,0453 Mpa	21,080		
86			1750 N	15,2195 Mpa	18,068		

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, faktor keamanan untuk semua tipe velg berada diatas angka 1,0 sehingga dapat disimpulkan, untuk pembebanan Force mulai dari 1500 N sampai 3000 N berada pada posisi aman dan dapat digunakan sebagai velg sepeda motor hybrid. Pembebanan ini mengasumsikan velg diberi beban secara statis (dalam keadaan diam).

b. Hasil StressAnalysis dengan Tipe Beban Force dan Momen Untuk Velg Jari-jari dan VelgRacing pada Software Autodesk Inventor

Pengujian ini memiliki langkah yang sama dengan pengujian yang pertama, perbedaannya pada penambahan Moment. Pada tahap ini, velgdiasumsikan pada kondisi diberi beban statis



(Force) sekaligus diberi beban dinamis (Moment) yang mengakibatkan roda dapat berputar. Beban Force yang diberikan sebesar 3000 N dan Moment mulai dari 5000 N.mm hingga 30.000 N.mm. Hasil pengujian ini juga menunjukkan data yang lengkap dan terperinci sehingga dapat dilakukan analisis selanjutnya. Berikut ini adalah hasil pengujian Force ditambah dengan Moment, yaitu:

Pengaturan dan material yang digunakan pada pengujian kedua ini sama dengan yang digunakan pada pengujian pertama. Untuk langkah selanjutnya, perlu dianalisa juga faktor keamanan dari semua tipe velg dengan menggunakan rumus yang sama seperti pada pengujian sebelumnya. Maka dapat dilihat hasil dari perhitungan faktor keamanan sebagai berikut:

Tabel 2. Perhitungan Faktor Keamanan (SafetyFactor) Untuk Pengujian Force dan Moment

No.	Jenis Velg	Tipe Velg	Beban (Force)	Momen (Moment Load)	Tegangan Luluh Material (Yield strength (Sy))	Von Mises Stress Maksimum	Faktor Keamanan (Factor of Safety) (n) = Sy/σe
1	Velg Jari-jari (Spoke wheel)	Type A	3000 N	5000 N.mm	207 Mpa	78.0224 MPa	2,653
2				10000 N.mm		161.831 MPa	1,279
3				15000 N.mm		238.831 MPa	0,866
4				20000 N.mm		319.349 MPa	0,648
5				25000 N.mm		392.942 MPa	0,526
6				30000 N.mm		471.976 MPa	0,438
7		Type B	3000 N	5000 N.mm		306.882 MPa	0,674
8				10000 N.mm		713.505 MPa	0,290
9				15000 N.mm		1063.84 MPa	0,194
10				20000 N.mm		1500.82 MPa	0,137
11				25000 N.mm		1845.95 MPa	0,112
12				30000 N.mm		2219.51 MPa	0,093
13		Type C	3000 N	5000 N.mm		1255.73 MPa	0,164
14				10000 N.mm		2749.57 MPa	0,075
15				15000 N.mm		4186.22 MPa	0,049
16				20000 N.mm		5597.88 MPa	0,036
17				25000 N.mm		7929.12 MPa	0,026
18				30000 N.mm		8517.89 MPa	0,024
19		Type D	3000 N	5000 N.mm		5514.42 MPa	0,037
20				10000 N.mm		10872.4 MPa	0,019
21				15000 N.mm		16891.4 MPa	0,012
22				20000 N.mm		21799.4 MPa	0,009
23				25000 N.mm		28136 MPa	0,007
24				30000 N.mm		33566.9 MPa	0,006
25		Type E	3000 N	5000 N.mm		25.1094 MPa	8,243
26				10000 N.mm		48.3089 MPa	4,284
27				15000 N.mm		71.9378 MPa	2,877
28				20000 N.mm		95.8994 MPa	2,158
29				25000 N.mm		119.814 MPa	1,727
30				30000 N.mm		141.999 MPa	1,457
31		Type F	3000 N	5000 N.mm		65.8474 MPa	3,143
32				10000 N.mm		131.596 MPa	1,572
33				15000 N.mm		197.387 MPa	1,048
34				20000 N.mm		263.152 MPa	0,786
35				25000 N.mm		328.906 MPa	0,629
36				30000 N.mm		394.671 MPa	0,524
37		Type G	3000 N	5000 N.mm		135.697 MPa	1,525
38				10000 N.mm		271.014 MPa	0,763
39				15000 N.mm		407.5 MPa	0,507
40				20000 N.mm		542.838 MPa	0,381

41	Velg Racing (Cassette wheel)	3000 N	25000 N.mm	275 Mpa	481.755 MPa	0,503		
42			30000 N.mm		612.109 MPa	0,254		
43			5000 N.mm		96.622 MPa	2,844		
44			10000 N.mm		243.001 MPa	1,045		
45			15000 N.mm		362.301 MPa	0,764		
46			20000 N.mm		487.573 MPa	0,569		
47			25000 N.mm		618.899 MPa	0,444		
48			30000 N.mm		744.031 MPa	0,379		
49			Type H		3000 N	5000 N.mm	69.35 MPa	4,341
50						10000 N.mm	135.824 MPa	2,025
51						15000 N.mm	199.136 MPa	1,381
52						20000 N.mm	262.985 MPa	1,045
53			Type I		3000 N	25000 N.mm	327.164 MPa	0,841
54						30000 N.mm	391.529 MPa	0,702
55						5000 N.mm	73.8348 MPa	3,724
56						10000 N.mm	147.669 MPa	2,341
57			Type J		3000 N	15000 N.mm	181.392 MPa	1,516
58						20000 N.mm	242.406 MPa	1,134
59						25000 N.mm	309.654 MPa	0,888
60						30000 N.mm	370.819 MPa	0,742
61			Type K		3000 N	5000 N.mm	55.7416 MPa	4,933
62						10000 N.mm	107.108 MPa	2,587
63						15000 N.mm	158.339 MPa	1,731
64						20000 N.mm	210.87 MPa	1,304
65			Type L		3000 N	25000 N.mm	262.735 MPa	1,046
66						30000 N.mm	314.887 MPa	0,873
67						5000 N.mm	72.4091 MPa	3,797
68						10000 N.mm	144.284 MPa	1,908
69			Type M		3000 N	15000 N.mm	216.509 MPa	1,271
70						20000 N.mm	288.277 MPa	0,954
71						25000 N.mm	360.271 MPa	0,763
72						30000 N.mm	432.142 MPa	0,636
73			Type N		3000 N	5000 N.mm	114.704 MPa	2,397
74						10000 N.mm	229.408 MPa	1,197
75						15000 N.mm	343.522 MPa	0,801
76						20000 N.mm	457.696 MPa	0,601
77			Type O		3000 N	25000 N.mm	572.513 MPa	0,521
78						30000 N.mm	686.995 MPa	0,400
79						5000 N.mm	75.8363 MPa	3,626
80						10000 N.mm	151.672 MPa	1,813
81	Type P	3000 N	15000 N.mm	194.197 MPa	1,416			
82			20000 N.mm	258.927 MPa	1,074			
83	Type Q	3000 N	25000 N.mm	319.771 MPa	0,859			
84			30000 N.mm	402.753 MPa	0,682			

Dari tabel diatas, dapat terlihat bahwa velg yang mempunyai faktor keamanan diatas 1,0 adalah velg jari-jari tipe E. Beban Force yang diberikan sebesar 3000 N dan Moment sebesar 30.000 N.mm memiliki hasil faktor keamanan 1,457 sehingga dapat disimpulkan bahwa velg jari-jari tipe E dengan jumlah jari-jari 64 buah dapat digunakan pada sepeda motor hybrid dengan aman.

#### 4. KESIMPULAN

Software Autodesk Inventor dapat memudahkan proses perencanaan desain sekaligus pengujian velg sepeda motor hybrid. Software ini mampu mengitung tegangan dan regangan serta perhitungan lain dengan membuat asumsi sehingga sesuai kondisi sebenarnya atau yang ingin dibutuhkan dapat bekerja dengan baik. Pemilihan material juga cukup lengkap dan sudah dibuat berdasarkan standar yang telah ditetapkan. Hasil dari pengujian ini dijelaskan dengan sangat jelas

dan terperinci sehingga dapat dipahami dengan mudah.

Hasil pengujian yang telah dilakukan ke semua jenis dan tipe *velg* membuktikan bahwa *velg* jari-jari tipe E dapat dijadikan pilihan sebagai *velg* sepeda motor *hybrid*. Von Mises Stress yang terjadi pada *velg* tipe E dalam pengujian beban *Force* sebesar 3.000 N dan *Moment* sebesar 30.000 N.mm menunjukkan tegangan paling kecil dibanding dengan jenis dan tipe *velg* lain. *Velg* jari-jari tipe E memiliki 64 buah jari-jari sebagai penghubung antara *velg* dengan tromol. Material yang digunakan *velg* tipe E adalah material Steel dengan tegangan luluh sebesar 207 MPa. Komponen pendukung pada *velg* sepeda motor *hybrid* adalah sama dan digunakan untuk semua jenis dan tipe *velg*.



Gambar 17. *Velg* Jari-jari Tipe E (64 jari-jari)

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Alchazin, Syaiful A.B. *Modul Training Autodesk Inventor 2012*. Bogor: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, 2011.
- Ambiyar. *Teknik Pembentukan Pelat Jilid 1*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- Arah Sarana Tbk., Multistrada. *Buku Pengetahuan Ban Penumpang*. Jakarta: Multistrada Arah Sarana Tbk, 2011.
- Djaprie, Sriati. *Peningkatan Keuletan Paduan Al yang Ditekan, Ditarik, dan Dirol*. Jakarta: Jurnal Universitas Indonesia, 1982.
- Effendi, Agus. *Pengaruh Beban Dan Tekanan Udara Pada Distribusi Tegangan Velg Jenis Lenso*. Jakarta: Jurnal Universitas Gunadharma, 2007.
- Firmansyah. *Analisis Statik Rangka Motor Hybrid Menggunakan Software Catia V5*. Jakarta: Jurnal Universitas Gunadharma. 2007.
- Gere, James M. dan Stephen P. Timoshenko. *Mekanika Bahan Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1996.
- Giancoli, Douglas C. *Fisika Edisi Ke 5*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1999.
- Jama, Julius dkk. *Teknik Sepeda Motor Jilid 3 SMK*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- Listijorini, Erny. *Pengembangan Teknologi Penedali Switching pada Kendaraan Hybrid Roda Dua*. Surabaya: Jurnal Institut Teknologi Surabaya, 2010.
- M.A, Lexy Moleong. *Metodologi Penelitian Kualitatif-Edisi Revisi*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2007.
- Ngadiyono M.Pd., Yatin. *Modul Pembelajaran Autodesk Inventor*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, 2011.
- Nugraha S.Pd.T., Beni Setya. *Chasis Sepeda Motor*. Yogyakarta: Fakultas Teknik UNY- Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif, 2005.
- Pisa, Billy Fernando. *Karakteristik Tegangan dan Deformasi Maksimum dengan Berbagai Jumlah Spoke pada Velg Cast Wheel*. Surabaya: Universitas Kristen Petra, 2011.
- Prasetyo, Bambang dan Lina Miftahul Jannah, *Metode Penelitian Kuantitatif Teori dan Aplikasi*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada, 2007.
- Riduwan. *Belajar Mudah Penelitian untuk Guru-Karyawan dan Peneliti Pemula*. Bandung: Alfabeta, 2009.
- Rivanto, Robby. *Pengaruh Tekanan Ban dan Beban pada Roda terhadap Traksi Maksimal Roda Penggerak*. Surabaya: Universitas Kristen Petra, 2009.
- Santoso, Puguh. *Analisis Tegangan Statik Pada Rangka Sepeda Motor Jenis Matic Menggunakan Software Catia P3 V5r14*. Jakarta: Universitas Gunadharma, 2009.
- Seprianto, Dicky. *Perancangan Alat Blending/Mixing Menggunakan Perangkat Lunak Cad Autodesk Inventor Professional 2010*. Palembang: Jurnal Politeknik Negeri Sriwijaya, 2011.
- Setiadi, Riany Chandra. *Analisa Tegangan Pada Pressure Vessel Horizontal Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Surabaya: Universitas Kristen Petra, 2005.
- Shigley, Joseph Edward. *Perencanaan Teknik Mesin Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1994.
- Supriatna, Budi. *Analisa Perawatan dan Perbaikan Sepeda Motor Honda Absolute Revo 2009 dengan Metode FMEA*. Jakarta: Universitas Mercubuana, 2011.
- UNY, Jurusan Teknik Mesin. *Modul 6 Assembly Modelling Fundamental*. Yogyakarta, Universitas Negeri Yogyakarta, 2006.
- Wasono, Antonius Bowo. *Teknik Teknik Grafika dan Industri Grafika Jilid 1 SMK*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008.