

Analisa Kekuatan dan Kekakuan Desain Chassis Mobil Listrik Nasional ITS (Molina-ITS)

A. Wikarta*, I. Sidharta, Sutikno, U. Wasiwitono, A.S. Pramono

Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111
*wikarta@me.its.ac.id

Abstrak

Mobil listrik yang memiliki efisiensi hingga 80% memang *feasible* untuk dikembangkan sebagai mobil nasional. ITS telah merintis pengembangan Mobil Listrik Nasional (Molina ITS) dengan fokus awal pada pembangunan platform. Dimana kekuatan dan kekakuan chassis merupakan parameter penting bagi keamanan dan kenyamanan sebuah platform mobil listrik. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan analisa kekuatan dan kekakuan chassis dengan tujuan mendapatkan chassis yang tepat buat Molina ITS. Desain chassis dibuat dengan mempertimbangkan kebutuhan atas berat yang ringan, tempat baterai yang lapang, tempat motor listrik dan gearbox, keamanan saat kena tabrakan, dan kenyamanan bagi pengendara. Pengujian desain chassis selanjutnya dilakukan menggunakan metode numerik dengan software berbasis *Finite Element Method*. Kekuatan dan kekakuan desain chassis dianalisa dengan memberikan pembebanan yang meliputi: beban bending vertikal, beban bending lateral, dan beban torsional. Hasil pengujian secara numerik menunjukkan ketika desain chassis dibebani dengan memasukkan faktor dinamik, tegangan Von Mises yang timbul masih di bawah Ultimate Strength, dengan angka keamanan di atas 2. Sementara dari pengujian torsional didapatkan stiffness chassis sebesar 4 kN-m, yang menunjukkan desain chassis cukup kaku dan memiliki integritas yang baik.

Keywords: chassis Molina ITS, mobil listrik, tegangan Von Mises, torsional stiffness

Pendahuluan

Mobil listrik memang *feasible* untuk dikembangkan sebagai kendaraan nasional, hal ini didukung fakta bahwa efisiensi mobil listrik dapat mencapai 80 % sedangkan mobil bensin hanya mencapai 25%. Mobil listrik nasional (Molina) merupakan program Pemerintah untuk mengurangi penggunaan BBM. ITS Sebagai salah satu Perguruan Tinggi Negeri di Indonesia ikut andil dalam penelitian dan pengembangan platform Molina ITS.

Penelitian yang ramai dilakukan berbagai peneliti dan produsen mobil listrik diantaranya adalah motor penggerak, teknologi baterai, dan chassis kendaraan. Dimana chassis yang kuat dan kaku akan memberikan efek yang signifikan pada keamanan, kenyamanan, dan peningkatan jarak tempuh kendaraan.

Untuk itu pada penelitian ini dilakukan analisa kekuatan dan kekakuan chassis dengan tujuan mendapatkan chassis yang tepat buat Molina ITS. Desain chassis seperti ditunjukkan gambar 1 dibuat dengan mempertimbangkan kebutuhan atas berat yang ringan, tempat baterai yang lapang, tempat motor listrik dan gearbox, keamanan saat kena tabrakan, dan kenyamanan bagi pengendara.

Pembebanan pada Chassis

Desain chassis kendaraan harus mempertimbangkan kemungkinan beban terburuk atau paling merusak yang akan diterima oleh struktur kendaraan tersebut. Macam pembebanan untuk desain chassis kendaraan adalah sebagai berikut (Heisler, 2002):

1. Longitudinal Torsion

Kemampuan chassis menerima beban torsi (Gambar 2.a) seringkali disebut dengan torsional stiffness yang disampaikan dalam satuan N-m per degree. Parameter ini adalah prioritas utama untuk mengetahui unjuk kerja desain chassis.



Gambar 1. Desain chassis Molina ITS

2. Vertical Bending
Berat dari pengemudi, penumpang, baterai, motor listrik, dan semua komponen yang melekat pada chassis akan memberikan efek bending pada desain chassis (Gambar 2.b).
3. Lateral Bending
Gaya dari samping yang bekerja pada chassis akan ditahan oleh roda dan memberikan efek gaya lateral dan menghasilkan bending (Gambar 2.c).

Metoda Numerik

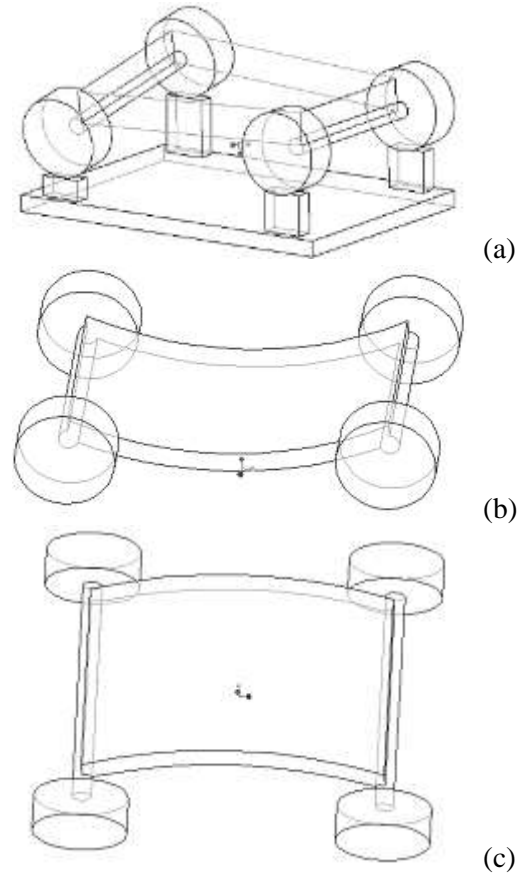
Pemodelan desain struktur chassis dilakukan dengan menggunakan salah satu aplikasi *software modeling*. Software yang berbasiskan Finite Element Method dipilih untuk mensimulasikan secara numerik semua pembebanan pada desain chassis. Material dari chassis memiliki mechanical properties yang ditunjukkan pada tabel 1. Sementara boundary conditions dan loading conditions yang bekerja pada desain chassis diberikan di tabel 2 dan gambar 3-5. Hasil pengujian dibandingkan dengan ultimate strength material untuk mengetahui kekuatan desain chassis.

Tabel 1. Mechanical Properties dari material chassis

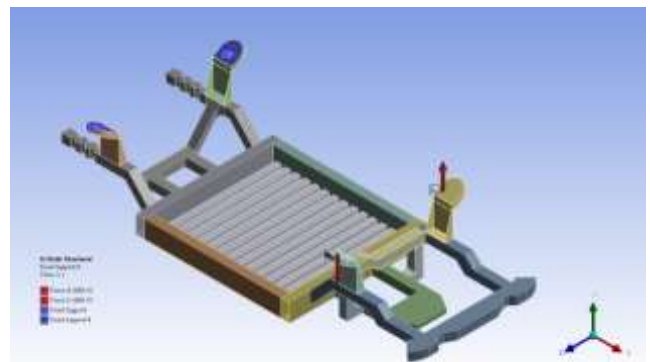
Mechanical Properties	Values
Density	7,85 g/cm ³
Tensile Strenght, Ultimate	400 – 550 MPa
Tensile Strength, Yield	250 MPa
Modulus Elasticity	200 GPa
Bulk Modulus	140 GPa
Poissons Ratio	0,26
Shear Modulus	79,3 GPa

Tabel 2. Boundary conditions dan loading conditions pada desain chassis

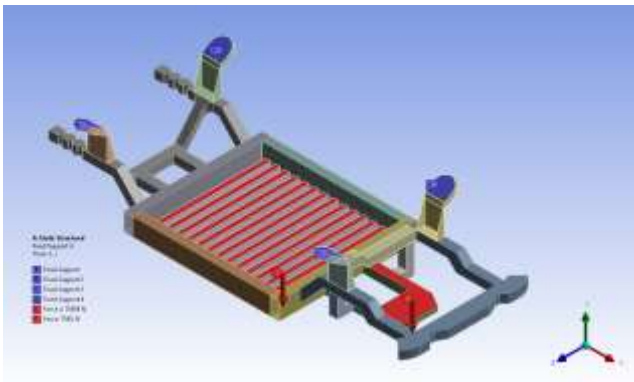
No	Test	Boundary Condition	Loading Conditions
1	Longitudinal Torsion	Clamp- rear suspension mounts	Two opposite force at front suspension
2	Vertical Bending	Clamp – front and rear suspension	Downward force at engine s and main plate
3	Lateral Bending	Clamp – front and rear suspension	Lateral force at plate side



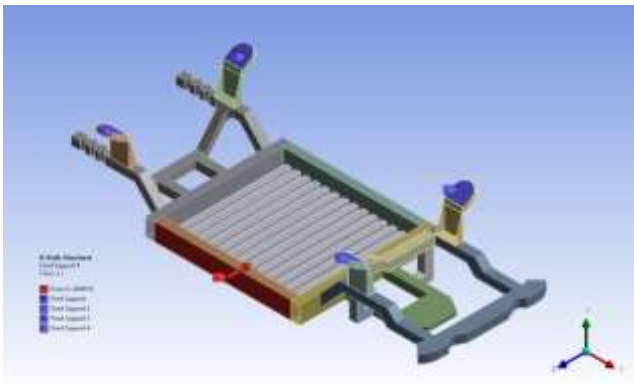
Gambar 2. Pembebanan pada desain chassis (Heisler, 2002)



Gambar 3. Boundary conditions saat dikenai beban longitudinal torsion



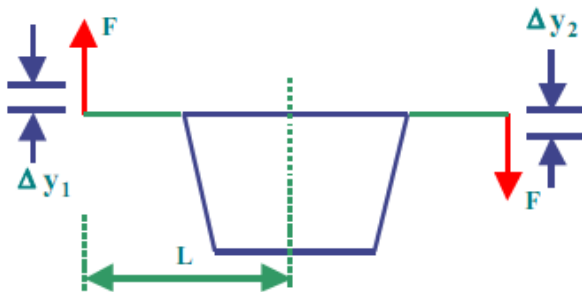
Gambar 4. Boundary conditions saat dikenai beban vertical bending



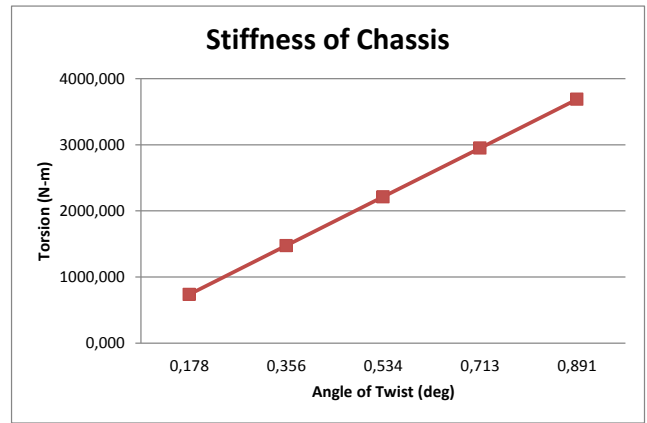
Gambar 5. Boundary conditions saat dikenai beban lateral bending

Hasil dan Pembahasan

Torsional stiffness adalah parameter penting dalam mendesain chassis kendaraan. Dalam analisa, chassis diasumsikan seperti cantilever beam yang ditumpu fix pada suspensi bagian belakang dan diberi gaya berlawanan arah pada suspensi bagian depan (Tebby, 2011).



Gambar 6. Parameter untuk menghitung stiffness chassis



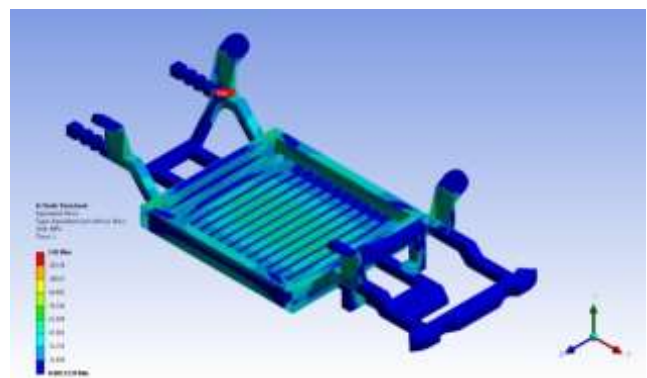
Gambar 7. Stiffness dari desain struktur chassis Molina ITS

Selanjutnya perhitungan torsional stiffness perlu memperhatikan parameter yang ada seperti ditunjukkan gambar 6. Dimana deformasi yang searah dengan gaya yang bekerja pada suspensi bagian depan dipakai untuk menghitung angle of twist. Sementara gaya dikalikan dengan wheel track akan menghasilkan torsi yang bekerja pada chassis. Torsional stiffness sendiri dapat dihitung dengan persamaan berikut:

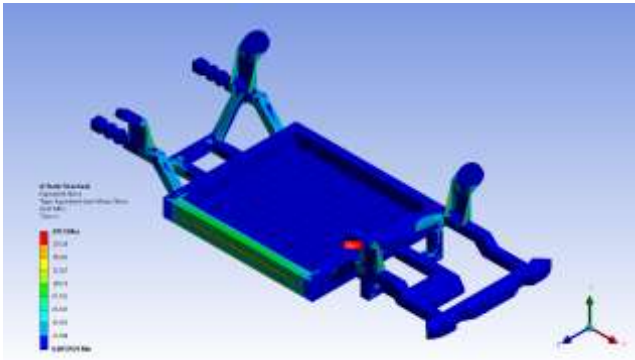
$$K = \frac{T}{\theta}$$

$$K = \frac{FL}{\tan^{-1} \left[\frac{(\Delta y_1 + \Delta y_2)}{2L} \right]} \quad (1)$$

Hasil perhitungan torsional stiffness dari chassis Molina ITS ditunjukkan pada gambar 7 berupa grafik antara torsi (kN-m) dengan angle of twist (deg). Slope dari grafik di gambar 7 adalah torsional stiffness, yakni sebesar 4,1 kN-m/deg. Stiffness sebesar itu menunjukkan bahwa desain chassis Molina ITS cukup kaku dan aman untuk dikendarai. Mengingat chassis yang didesain belum termasuk penyangga baterai yang akan membuat chassis lebih rigid.



Gambar 8. Tegangan Von Mises akibat pembebanan vertical bending



Gambar 9. Tegangan Von Mises akibat pembebanan lateral bending

Nilai tegangan Von Mises yang terjadi pada chassis akibat pembebanan vertikal dan lateral didapatkan dengan mempertimbangkan faktor dinamik dari pembebanan (Brown, 2002). Artinya besaran beban vertikal maupun lateral yang diberikan tidak hanya berasal dari berat chassis, komponen-komponen yang melekat pada chassis, dan kecepatan saat kendaraan belok. Namun juga dikalikan dengan angka faktor dinamik sehingga desain chassis akan mampu menahan beban statik maupun beban dinamik.

Tegangan Von-Mises yang terjadi akibat beban vertical bending ditunjukkan pada gambar 8. Tegangan maksimum sebesar 141 MPa terjadi pada suspensi bagian belakang. Tegangan sebesar itu masih di bawah Yield Strength dari material. Hal ini berarti desain chassis aman terhadap beban vertical bending yang berasal dari berat chassis dan komponen yang melekat.

Sementara itu gambar 9 menunjukkan distribusi tegangan Von-Mises akibat beban lateral bending. Tegangan maksimum yang terjadi sebesar 197,5 MPa dan masih di bawah Yield Strength material chassis. Ini berarti desain chassis juga aman terhadap beban lateral bending yang terjadi saat mobil belok.

Kesimpulan

Tiga macam pembebanan telah dilakukan pada desain chassis dengan bantuan software FEM. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain struktur chassis yang akan digunakan pada MOLINA ITS memiliki kekakuan dan kekuatan yang baik.

Referensi

- Brown J. C., Robertson A. J., Serpento S. T. "Motor Vehicle Structures: Concepts and Fundamentals". Reed Publishing Ltd. (2002)
- Heisler, Heinz, "Advance Vehicle Technology", Butterworth-Heinemann Ltd, (2002)
- Tebby S., Esmailzadeh E., Barari A., "Methods to Determine Torsion Stiffness in an Automotive Chassis". Computer-Aided Design and Application, PACE(1), p. 67-75, (2011)